



**ANA MARGARIDA DE
OLIVEIRA CAPELO**

**BIOLOGIA E BIOTECNOLOGIA VEGETAL NUMA
PERSPECTIVA DE SUSTENTABILIDADE**



**ANA MARGARIDA DE
OLIVEIRA CAPELO**

**BIOLOGIA E BIOTECNOLOGIA VEGETAL NUMA
PERSPECTIVA DE SUSTENTABILIDADE**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutoramento em Biologia, realizada sob a orientação científica da Prof. Doutora Maria da Conceição Lopes Vieira dos Santos, Professora associada com agregação do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro e co-orientação da Prof. Doutora Maria Arminda Pedrosa e Silva Carvalho, Professora auxiliar do Departamento de Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Ao meu Pai

Ao Afonsito

o júri

presidente

Dra. Maria Hermínia Deulonder Correia Amado Laurel
Professora catedrática do Departamento de Línguas da Universidade de Aveiro

Dr. Amadeu Mortágua Velho da Maia Soares
Professor catedrático do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro

Dra. Maria da Conceição Lopes Vieira dos Santos
Professora associada com agregação do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro
(orientadora)

Dr. Ulisses Manuel Miranda Azeiteiro
Professor auxiliar com agregação do Departamento de Ciências exactas e Tecnológicas da
Universidade Aberta. Delegação Norte

Dr. Fernando José Mendes Gonçalves
Professor auxiliar com agregação do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro

Dra. Maria Arminda Pedrosa e Silva Carvalho
Professora auxiliar do Departamento de Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade de Coimbra (co-orientadora)

Dra. Isabel Sofia Godinho da Silva Rebelo
Professora adjunta da Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Leiria

agradecimentos

Em primeiro lugar, quero exprimir a minha total estima e consideração pelas Professoras Doutoradas Maria da Conceição Lopes Vieira dos Santos e Maria Arminda Pedrosa e Silva Carvalho, sem as quais não teria sido possível a concretização deste trabalho. Em particular agradeço à Professora Doutora Maria da Conceição Lopes Vieira dos Santos, pela confiança, incentivo, exigência e compreensão que, sempre marcaram a sua orientação. À Professora Doutora Maria Arminda Pedrosa e Silva Carvalho pelo rigor, pelo exemplo e apoio incondicional, em particular, na dimensão pedagógico-didáctica, pela qual foi co-orientadora, e sem o qual não se teriam alcançado os objectivos propostos. A ambas, um muito obrigada.

Em segundo lugar, aos professores, colegas do Departamento de Biologia Ângela, Armando, Glória, Helena Azevedo, João, Marta, Sílvia, Sónia que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste projecto; aos alunos-futuros professores que permitiram a realização de parte do trabalho prático; e em terceiro lugar, aos investigadores-professores que me despertaram para a investigação no domínio pedagógico-didáctico, em particular, a professora Doutora Isabel Martins, pelo incentivo e estímulo à sua realização.

Em terceiro lugar, queria agradecer à Gina, Sofia, Tina e Teresa a partilha de ideias, o auxílio e companheirismo manifestados.

Por último, queria agradecer ao Luís pelo apoio e paciência demonstrada ao longo de todo este percurso.

palavras-chave

Biologia, Biotecnologia, Clonagem de plantas, Toxicidade de metais, Transposição didáctica, Formação inicial de professores de ciências.

resumo

A importância de áreas científicas, como biologia e biotecnologia na vida humana é cada vez mais reconhecida. Assim, é necessário que professores, actuais e futuros, e investigadores desenvolvam programas de formação/investigação orientados para a compreensão de conteúdos científicos e questionamento da natureza destas áreas e, simultaneamente, para utilizações conscienciosas de conhecimento científico na vida prática.

É neste quadro que se insere a investigação realizada e apresentada na presente dissertação. Para responder à questão central: “*Como proporcionar formação em biologia e biotecnologia para o mundo contemporâneo a alunos-futuros professores de ciências?*”, a investigação envolveu dois percursos gerais de trabalho: i) Autoformação em biologia e biotecnologia vegetal numa perspectiva investigativa e ii) Desenvolvimento de percursos investigativos em formação inicial de professores de ciências para o Ensino Básico, envolvendo temáticas actuais relacionadas com biologia e biotecnologia.

Globalmente, a investigação baseou-se em três pressupostos: 1º) É oportuno e necessário mobilizar conhecimentos oriundos da investigação científica actual em biologia e biotecnologia para conceber, planejar e desenvolver actividades de formação inicial de professores de ciências, 2º) O perfil profissional de professores envolvidos em formação inicial de professores de ciências deve integrar competências científicas, desenvolvidas em trabalho investigativo e 3º) Aos alunos-futuros professores de ciências devem proporcionar-se oportunidades para desenvolverem reflexão epistemológica e trabalho investigativo, para mobilizarem adequadamente conhecimento oriundo de investigação científica actual e desenvolverem competências na tripla perspectiva de educação *sobre* ciências, *pelas* ciências e *em* ciências.

A autoformação desenvolveu-se no âmbito de dois projectos em biologia e biotecnologia vegetal, designadamente, *Toxicidade do chumbo em alface*, onde se testou o efeito do chumbo em alface (*Lactuca sativa*), e *Micropropagação de zimbro*, onde se implementaram metodologias de micropropagação/clonagem de uma espécie em risco em Porto Santo, *Juniperus Phoenicea*.

O desenvolvimento de percursos investigativos, com e por alunos-futuros professores de ciências, efectuou-se no âmbito de uma disciplina de um curso de licenciatura em Ciências da Natureza e Matemática para o 2º ciclo do Ensino Básico. Estes percursos compreenderam reflexão epistemológica e o desenvolvimento de trabalho investigativo que envolveu um conjunto de estratégias e recursos, incorporando conteúdos de toxicologia ambiental e de biotecnologia vegetal numa perspectiva de inter-relações ciência, tecnologia e sociedade.

Os resultados relativos ao desenvolvimento destes percursos investigativos evidenciaram o interesse e importância de se desenvolverem em temáticas científicas actuais e relevantes para o mundo contemporâneo, como via de autoformação, por um lado, e como estratégia de formação de alunos-futuros professores de ciências, orientada por preocupações de educação para o desenvolvimento sustentável, por outro. Simultaneamente, permitiram que todos os intervenientes, em particular os alunos-futuros professores de ciências, aprofundassem conhecimentos sobre contextos e processos envolvidos em formação em biologia e biotecnologia para o mundo contemporâneo e identificassem implicações para a formação de professores. Permitiram, ainda, apontar sugestões para investigação futura neste domínio.

keywords

Biology, Biotechnology, Plant cloning, Metal toxicity, Didactic transposition, Science teacher education

abstract

The importance of scientific areas, such as biology and biotechnology, in human life is more and more acknowledged. Therefore it is necessary that today and future teachers, as well as researchers, develop investigation and formation programs built towards the understanding of scientific matters and the questioning of its nature and, simultaneously, towards thoughtful uses of scientific knowledge in everyday's life.

It is in this scenario that we can inscribe the research presented in this dissertation thesis. In order to answer the main question: "How can we give future science teachers a proper formation in biology and biotechnology to the contemporary world?", the research took two general main working and leading ways: i) Self formation in biology and biotechnology from an investigation perspective and ii) Development of ways of research in training of future science teachers for basic education, involving nowadays themes related to biology and biotechnology.

On the whole, this research was based in three main ideas: 1st) It is seasonable and necessary to convey Knowledge coming from scientific investigation in biology and biotechnology to design, plan and develop activities to the initial formation of science teachers; 2nd) The professional profile of the teachers involved in the initial formation of science teachers must include scientific skills, developed in research work and 3rd) Opportunities to develop epistemological reflection and research work should be given to the students, future teachers of science, in order they can properly transfer Knowledge coming from update scientific investigation and develop skills in the threefold perspective of the education about science, through science and in science.

Self formation was developed through two projects in plant biology and biotechnology, as follows: *Lead toxicity in lettuce*, where the led effect in lettuce was tested (*Lactuca sativa*), and *Micropropagation of Juniperus*, where metodologies of micropropagation and cloning of a species at risk of Porto Santo, *Juniperus phoenicea*, were performed.

The development of ways of research, with and by students, future teachers of science, was done in the course of a college degree in Nature Science and Mathematics, designed to teach young children (from 11 to 12) of the 2nd cycle of school. These ways included epistemological reflection and the development of research work, which involved a cluster of strategies and resources, embodying contents from environmental toxicology and from plant biotechnology in a perspective of interrelationship among science, technology and society.

The results related to the development of these research ways showed both the interest and importance of developing update and relevant scientific themes to the contemporary world, as a way of self formation, on the one hand; and as strategy of formation of students, future teachers of science, guided by concerns towards the education to a sustainable future, on the other hand. At the same time, they allowed that all the participants, specially the students, future teachers of science, could deepen their knowledge about contexts and proceedings involved in the formation in biology and biotechnology to the modern world and could identify the implications towards the formation of teachers. They allowed still to point out suggestions to future investigation in this field.

CAPÍTULO I – APRESENTAÇÃO DO ESTUDO

I.1.1. Introdução.....	3
I.1.2. Problema e objectivos.....	4
I.1.3. Organização da investigação.....	12
I.1.4. Plano geral da dissertação.....	14

CAPÍTULO II – CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO**II.1. BIOLOGIA PARA O MUNDO CONTEMPORÂNEO: TOXICOLOGIA AMBIENTAL E BIOTECNOLOGIA VEGETAL**

II.1.1. Introdução.....	21
II.1.2. Biologia: relevância actual e perspectivas futuras.....	21
II.1.3. Fundamentos para a selecção das temáticas.....	25
II.1.3.1. Toxicologia ambiental.....	26
II.1.3.2. Biotecnologia vegetal.....	28

II.2. CIÊNCIAS PARA O MUNDO CONTEMPORÂNEO E FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES

II.2.1. Introdução.....	35
II.2.2. Literacia científica para todos e inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade.....	37
II.2.3. Natureza das ciências e reflexões epistemológicas relevantes em ensino das ciências..	40
II.2.4. Biologia e biotecnologia para o mundo contemporâneo e Currículo Nacional do Ensino Básico.....	43
II.2.5. Desafios para a formação inicial de professores de ciências.....	46
II.2.5.1. Concepções epistemológicas e trabalho prático numa perspectiva investigativa	46
II.2.5.2. Aprender investigando, investigar para aprender.....	48
II.2.5.2.1. Investigação em educação em ciências.....	49
II.2.5.2.2. “Para quê investigar?” no actual contexto de educação em ciências para o mundo contemporâneo.....	51
II.2.5.2.3. Investigação em processos de (auto)formação docente.....	55

CAPÍTULO III – METODOLOGIAS**III.1. TRABALHO PRÁTICO NOS PROCESSOS DE AUTOFORMAÇÃO E DE FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES**

III.1.1. Concepções de trabalho prático.....	61
--	----

III.2. AUTOFORMAÇÃO EM BIOLOGIA E BIOTECNOLOGIA

III.2.1. Introdução.....	67
III.2.2. Concepção e operacionalização do trabalho prático de autoformação.....	68
III.2.2.1. Toxicologia ambiental.....	68
III.2.2.1.1. Contextualização.....	68
III.2.2.1.2. Toxicidade do chumbo em alface.....	71
III.2.2.1.2.1. Contextualização.....	71
III.2.2.1.2.2. Materiais e métodos.....	73
III.2.2.2. Biotecnologia – clonagem vegetal.....	77
III.2.2.2.1. Contextualização.....	77
III.2.2.2.2. Micropropagação de zimbro.....	84
III.2.2.2.2.1. Contextualização.....	84
III.2.2.2.2.2. Materiais e métodos.....	85

III.3. PERCURSOS INVESTIGATIVOS EM FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES

III.3.1. Introdução.....	91
--------------------------	----

III.3.2. Conceptualização da intervenção.....	92
III.3.2.1. Aspectos específicos da conceptualização.....	92
III.3.2.2. Pressupostos da intervenção.....	96
III.3.2.3. Relações com o sistema educativo formal, com a Instituição e alunos envolvidos.....	97
III.3.3. Aspectos específicos da execução da intervenção.....	98
III.3.3.1. Organização dos blocos lectivos e sua calendarização.....	98
III.3.3.2. Opções metodológicas utilizadas na implementação.....	99
III.3.3.3. Recursos didácticos utilizados na intervenção.....	104
III.3.3.3.1. Documentos preparados e utilizados com os alunos.....	105
III.3.3.3.2. Documentos elaborados para a investigadora-professora.....	106
III.3.3.4. Descrição dos blocos lectivos.....	107
III.3.4. Avaliação da intervenção - opções metodológicas.....	117
 CAPÍTULO IV – DESCRIÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	
IV.1. AUTOFORMAÇÃO EM BIOLOGIA E BIOTECNOLOGIA	
IV.1.1. Introdução.....	127
IV.1.2. Toxicidade do chumbo em alface.....	127
IV.1.3. Micropropagação de zimbro.....	137
IV.2. PERCURSOS INVESTIGATIVOS EM FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES	
IV.2.1. Introdução.....	147
IV.2.2. Apresentação e análise de dados recolhidos na intervenção.....	147
IV.2.2.1. Apresentação, análise e discussão de dados relativos à categoria I.....	148
IV.2.2.1.1. Caracterização do grupo de alunos-futuros professores.....	149
IV.2.2.1.2. Dimensões motivacional, representacional e socioprofissional dos alunos....	151
IV.2.2.2. Apresentação, análise e discussão de dados relativos à categoria II.....	161
IV.2.2.2.1. Ciências, cientistas, tecnologia e sociedade.....	162
IV.2.2.2.2. Aspectos epistemológicos relevantes no ensino de ciências e natureza das ciências.....	167
IV.2.2.2.3. Inter-relações CTS em educação em ciências.....	177
IV.2.2.2.4. Desafios na formação inicial de professores.....	181
IV.2.2.2.4.1. Aprender investigando, investigar para aprender na formação inicial.....	182
IV.2.2.2.4.2. Reflexão sobre a acção.....	202
 CAPÍTULO V – CONCLUSÕES	
V.1. Introdução.....	211
V.1.2. Autoformação em temáticas de biologia e biotecnologia numa perspectiva investigativa.....	211
V.1.3. Percursos investigativos em formação inicial de professores de ciências.....	213
V.1.3.1. Conclusões.....	213
V.1.3.2. Limitações do trabalho.....	218
V.1.3.3. Implicações sugestões para trabalhos futuros.....	220
V.1.3.4. Considerações finais.....	222
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	225
 ANEXOS	251
ANEXO I – Listagem e sumário das aulas.....	253

ANEXO II - <i>Questionário de diagnóstico</i>	255
ANEXO III: Grelha de leitura	259
ANEXO IV - Documentos de trabalho.....	260
ANEXO V - Documentos de apoio.....	291
ANEXO VI - Ficha de caracterização dos alunos-futuros professores.....	293
ANEXO VII - Ficha de presenças.....	294
ANEXO VIII - Diário da investigadora-professora.....	295
ANEXO IX - Plano de investigação da Olga.....	297
ANEXO X - Vê de Gowin delineado pelo João.....	299
ANEXO XI - Vê de Gowin e mapa conceptual facultados pela investigadora-professora.....	301
ANEXO XII – 1º plano experimental delineado pelo João	303
ANEXO XIII – Relatório final do João incluindo plano experimental delineado e corrigido	307
ANEXO XIV – 1º plano experimental delineado pela Inês.....	321
ANEXO XV – Plano experimental delineado e corrigido pela Inês	325

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1. Enquadramento dos projectos definidos e desenvolvidos no âmbito da autoformação em biologia e biotecnologia, considerando o tema e subtema em que se inserem.	10
Figura I.2. Esquema global da dissertação	15
Figura II.2.1.: Clarificação e inter-relação entre os referenciais teóricos em que se apoiou o trabalho de investigação desenvolvido, correspondente aos percursos investigativos concretizados em autoformação (assinalado pelas caixas a cizento) e em formação inicial de professores (assinalados pelas caixas a verde)	36
Figura III.2.1.: Esquema sumário do fluxo de contaminantes num ecossistema	70
Figura III.2.2.: Repercussões da presença de um contaminante nos organismos de uma comunidade biótica (extraído de Connell, 2005, p. 430)	71
Figura III.2.3. Esquematização da estratégia utilizada nos ensaios de toxicidade do chumbo em <i>Lactuca sativa</i> L.	76
Figura III.2.4.: Esquema ilustrativo de técnicas de micropropagação de plantas.	79
Figura III.2.5.: Curva típica de crescimento de culturas <i>in vitro</i> (adaptado de Ting, 1982).	82
Figura III.2.6.: Esquematização da estratégia de propagação de <i>Juniperus phoenicea</i> L.	85
Figura III.3.1. – Identificação das etapas definidas para a intervenção, dos conteúdos teóricos seleccionados e dos procedimentos traçados para a sua realização, envolvendo alunos-futuros professores sob orientação da investigadora-professora.	92
Figura III.3.2. Esquematização de um ciclo de reflexão na, sobre e pela intervenção, por analogia com o ciclo de reflexão-acção de Schön (adaptado de Nunes, 2000).	102
Figura III. 3.3. Identificação das componentes subjacentes à dimensão identidade profissional do aluno-futuro professor, com base em Nascimento (2007).	118
Figura IV.1. Efeito da exposição das plantas de alface a 12,5 e 125,0 mg L ⁻¹ de chumbo no comprimento da porção aérea e na cor das folhas (clorose) de <i>Lactuca sativa</i> L..	127
Figure IV.2.: Parâmetros de crescimento de <i>Lactuca sativa</i> L. após 15 dias. Símbolos (a) e (b) indicam diferenças significativas entre os grupos de controlo (ctr) e de plantas tratadas com chumbo.	128
Figure IV.3.: Peso fresco de <i>Lactuca sativa</i> L. após 15 dias de exposição a 12,5 e 125 mg L ⁻¹ de chumbo. (a) indica diferenças significativas entre os grupos de controlo (ctr) e de plantas tratadas com chumbo.	129

Figure IV.4.: Peso seco de <i>Lactuca sativa</i> L. após 15 dias de exposição a 12,5 e 125 mg L ⁻¹ de chumbo. (a) e (b) indicam diferenças significativas entre os grupos de controlo (ctr) e de plantas tratadas com chumbo.	129
Figura IV.5a Efeito da exposição a 12,5 e 125,0 mg L ⁻¹ de chumbo no conteúdo hídrico das porções aéreas de <i>Lactuca sativa</i> após o primeiro e décimo quinto dias. O símbolo (a) indica diferenças significativas entre os grupos de controlo (ctr) e de plantas tratadas com chumbo.	135
Figura IV.5b Efeito da exposição a 12,5 e 125,0 mg L ⁻¹ de chumbo no conteúdo hídrico das raízes de <i>Lactuca sativa</i> após o primeiro e décimo quinto dias.	136
Figura IV.6: Efeito da exposição a 12,5 e 125,0 mg L ⁻¹ de chumbo na osmolalidade (mOsmol Kg ⁻¹) nas porções aéreas de <i>Lactuca sativa</i> após o primeiro e sétimo dias. O símbolo (a) e (b) indicam diferenças significativas entre os grupos de controlo (ctr) e de plantas tratadas com chumbo.	136
Fig. IV.7.: Segmentos nodais de <i>Juniperus phoeniceae</i> em fase de abrolhamento no meio de cultura base SH adicionado 0,2 mg L ⁻¹ KIN (após 2ª subcultura). Evidenciam-se zonas apicais de cor verde mais clara.	139
Fig. IV.8.: Rebentos de <i>Juniperus phoeniceae</i> crescidos em meio MS suplementado com 0,1 mg L ⁻¹ BAP, após a 2ª subcultura. Notar alguma necrose na base.	139
Figura IV.9: Morfotipo 1	141
Figura IV.10: Morfotipo 2	141
Figura IV.11: Morfotipo I com raízes bem desenvolvidas	142
Figura IV.12: Plântulas com três dias na fase de aclimatização.	143
Figura IV. 13: Plântulas com três meses na fase de aclimatização	143
Figura IV.14. Inter-relações entre conhecimento científico disciplinar, pedagógico-didático, aspectos de NCs, perspectivas de PI e TE e de integração de inter-relações CTS em ensino de ciências, esquematizadas pela Inês	202
Figura IV.15. Inter-relações entre conhecimento científico disciplinar, pedagógico-didático, aspectos de NCs, perspectivas de PI e TE e de integração de inter-relações CTS em ensino de ciências, esquematizadas pelo João	203
Figura V.1.: Esquematização da interação entre investigação em domínios relevantes (ciências e educação em ciências), ensino e aprendizagem de ciências	216

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela III.1.1. Esquematização dos TP investigativos relativos a autoformação e à formação inicial de professores no âmbito de Didáctica de Ciências – explicitação de aspectos em que se reconhece paralelismo entre estes processos.	63
Tabela III.3.1. Articulação entre as etapas formativas e os blocos lectivos e descrição sumária destes	98
Tabela III.3.2. Calendarização das aulas de Didáctica das Ciências.	99
Tabela III.3.3. Recursos utilizados pela investigadora-professora e pelos alunos, cujas listagens completas se encontram nos Anexos I e II, respectivamente, e conteúdos sumariados e explorados nas aulas de Didáctica das Ciências, respeitantes ao bloco lectivo 1	108
Tabela III.3.4. Recursos utilizados pela investigadora-professora e pelos alunos e conteúdos sumariados e explorados nas aulas de Didáctica das Ciências, respeitantes ao bloco lectivo 2	111
Tabela III.3.5. Recursos utilizados pela investigadora-professora e pelos alunos e conteúdos sumariados e explorados nas aulas de Didáctica das Ciências, respeitantes ao bloco lectivo 3	114
Tabela III.3.6. Recursos utilizados pela investigadora-professora e pelos alunos e conteúdos sumariados e explorados nas aulas de Didáctica das Ciências, respeitantes ao bloco lectivo 4	116
Tabela III.3.7. Descrição das dimensões e subdimensões da categoria II	118
Tabela III.3.8. Articulação entre as categorias, dimensões, subdimensões de análise e os instrumentos de recolha de dados utilizados	120

Tabela IV.1.a Efeito da exposição a 12,5 e 125,0 mg L ⁻¹ de chumbo nas porções aéreas de <i>L. sativa</i> , em termos de conteúdos (mg g ⁻¹ PS) em nutrientes minerais e chumbo, representados pelos símbolos químicos dos respectivos elementos. Os valores são expressos na forma de média ± erro padrão; (a) indica diferenças significativas entre os grupos de controlo (ctr) e de plantas tratadas com chumbo. (n = 3)	130
Tabela IV.1.b Efeito da exposição a 12,5 e 125,0 mg L ⁻¹ de chumbo nas raízes de <i>L. sativa</i> , em termos de conteúdos (mg g ⁻¹ PS) em nutrientes minerais e chumbo, representados pelos símbolos químicos dos respectivos elementos. Os valores são expressos na forma de média ± erro padrão; (a) indica diferenças significativas entre os grupos de controlo (ctr) e de plantas tratadas com chumbo. (n = 3)	131
Tabela IV.2. Efeito da exposição a 12,5 e 125,0 mg L ⁻¹ de chumbo no conteúdo em MDA na raiz e nas porções aéreas. Os valores são expressos como média ± erro padrão; (a) indica diferenças significativas entre os grupos de controlo (ctr) e de plantas tratadas com chumbo (n=4).	133
Tabela IV.3. Efeito da exposição a 12,5 e 125,0 mg L ⁻¹ de chumbo no conteúdo em proteínas solúveis, clorofila b e clorofila a:b. Os valores são expressos como média ± erro padrão; (a) indica diferenças significativas entre os grupos de controlo (ctr) e de plantas tratadas com chumbo (n=4).	134
Tabela IV.4. Meios de cultura base e reguladores de crescimento utilizados na propagação de <i>Juniperus phoenicea</i> . Os valores referem-se a n = 30, índice de sobrevivência (%), comprimento médio dos rebentos (cm) e número de rebentos formados por explante na 1ª cultura e na 4ª subcultura (comprimento médio no início de cada cultura = 1,3 ± 0,3 cm). Em cada parâmetro, a utilização da mesma letra significa que, de acordo com o “One-way Anova” e com o teste “Tukey-Kramer” de comparação múltipla (P <0,05, para duas experiências independentes), não foi detectada qualquer diferença significativa. Nt– não testado	138
Tabela IV.5. Meio base (OM), regulador de crescimento (IBA), tipo de exposição ao regulador de crescimento (1 ou 5 min de embebição) e composição da matriz sólida (agar ou turfa:perlite, 3:2) utilizada para induzir enraizamento de rebentos de <i>Juniperus phoenicea</i> L (n = 40). Os valores referem-se à % de enraizamento, número médio de raízes por explante e comprimento médio da raiz (cm).	140
Tabela IV.6. Perfil dos alunos-futuros professores, participantes na intervenção	150
Tabela IV.7. Número de faltas dos alunos-futuros professores registadas nas aulas dos blocos 1, 2, 3 e 4	154
Tabela IV.8. Interesse manifestado pelos alunos-futuros professores por alguns temas de ciências	163
Tabela IV.9. Evolução das concepções do João sobre o seu PI, de meados do bloco lectivo 1 a meados do bloco lectivo 3. Os níveis de dificuldade são apresentados numa escala de 1 (mais baixo) a 5 (mais elevado).	187

APÊNDICES (EM CD-ROM)

APÊNDICE I – Testes de avaliação

APÊNDICE II – Recursos preparados para desenvolvimento das aulas

APÊNDICE III – Plano de investigação do João

APÊNDICE IV – Relatório final da Inês

APÊNDICE V – Anexo ao relatório final do João

ABREVIATURAS E SIGLAS:

ADN: Ácido desoxirribonucleico

AEA: Agência Europeia do Ambiente

ANOVA: Analysis of variance

ARE: Avaliação de Risco Ecológico

BAP: benzilaminopurina

BIO: Biotechnology Industry Organization

B: Boro

BSE: Bovine Spongiform Encephalopathy

Ca: Cálcio

CE: Comissão europeia

CCE: Comissão das Comunidades Europeias

Cl a: clorofila a

Cl b: clorofila b

Cl a+b: clorofila a + clorofila b

Cl a:b : clorofila a/clorofila b

CN: Ciências da natureza

CNEB: Currículo Nacional do Ensino Básico

CSTEE: Comité Scientifique de Toxicologie, Ecotoxicologie et l'Environnement

Ctr.: controlo

CTS: Ciência-Tecnologia-Sociedade

Cu: cobre

cv.: cultivar

Doc.: documento

EC: European Commission

EEA: Environmental European Agency

EFA: educação e formação de adultos

EIBE: European Initiative for Biotechnology Education

EU: European Union

DEB: Departamento do Ensino Básico

FAO: Food and Agricultural Organization

Fe: Ferro

H₂O₂: peróxido de hidrogénio

HR: Humidade Relativa

IBA: Indole butyric acid (ácido índole-3-butírico)

IUBS: International Union of Biological Sciences

ISO: International organization for standardization

NCs: natureza das ciências

K: potássio

KIN: cinetina

MDA: Malondialdeído,

Mg: magnésio

MS: meio de Murashige e SKoog

Mn: manganésio

m/v: Massa/volume

Nt: não testado

O₂[•]: radical superóxido

OCDE: Organização para a cooperação e desenvolvimento económicos

OECD: Organisation for Economic Co-operation and Development

OGMs: Organismos geneticamente modificados

OM: Olive Medium

P: Fósforo

Pb: chumbo

PF: Peso Fresco

PI: Percurso investigativo

PIs: Percursos investigativos

PISA: Project for Internacional Student Assessment

PNUMA: Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

PS: Peso Seco

qd: questionário de diagnóstico

RIE: Researchers in Europe

SH: meio de Schenk e Hildebrandt

SOT: Society of Toxicology

STS: Science-Technology-Society

TBA: ácido tiobarbitúrico

TP: trabalho prático

TPC: trabalho para casa

TE: trabalho experimental

TIC: tecnologias de informação e comunicação

TL: Trabalho de laboratório

UE: União Europeia

UN: United Nations

UNESCO: United Nations Educational, scientific and cultural Organization

v/v: Volume/Volume

Zn: zinco



CAPÍTULO I

APRESENTAÇÃO DO ESTUDO

I.1.1. INTRODUÇÃO

A presente investigação enquadra-se nos novos desafios que se colocam à biologia e biotecnologia, enquanto áreas de conhecimento necessárias para formar cidadãos capazes de entender e analisar o mundo contemporâneo, e de contribuir para melhorar a qualidade de vida individual e das comunidades em que se inserem.

Em face destes complexos desafios, foi concebido e desenvolvido um projecto de doutoramento, englobando três projectos investigativos, dois consistindo no desenvolvimento de trabalho prático, experimental de laboratório em temáticas específicas da biologia e biotecnologia vegetal, e um terceiro, compreendendo o desenvolvimento de trabalho prático investigativo, documental e empírico, com e pelos alunos-futuros professores de ciências, e com componentes de trabalho experimental e laboratorial. Neste capítulo apresenta-se uma síntese do quadro teórico em que se baseou a definição do problema e objectivos do estudo (**secção 1.2.**), uma descrição da organização da investigação (**secção 1.3.**), e a explicitação do plano geral da dissertação (**secção 1.4.**).

I.1.2. PROBLEMA E OBJECTIVOS

A actividade humana, qualquer que seja, depende inevitavelmente dos ecossistemas, mormente, dos seus recursos. A exploração destes recursos, paralelamente à produção de resíduos, gera consequências nefastas para os ecossistemas como degradação dos solos, perda de biodiversidade, declínio das pescas, entre outras (Alcamo et al., 2003). Consequentemente, a crescente dependência dos seres humanos relativamente aos ecossistemas irá dificultar a consecução das metas definidas para o Milénio pelas Nações Unidas, em particular, as metas relacionadas com a diminuição da pobreza e fome, e a promoção de cuidados de saúde, assim como de sustentabilidade ambiental (UN, 2007). Gerir adequadamente os recursos do planeta deve, por conseguinte, ser encarado como uma das metas da luta contra a pobreza, e os governos deverão encorajar uma mudança de atitudes recorrendo a programas educativos e a iniciativas de sensibilização pública (Alcamo et al., 2003).

Comportamentos lesivos dos já frágeis ecossistemas justificam a premência de medidas para um desenvolvimento sustentável. De acordo com o relatório de 1987 “Our common Future”, da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Mirovitskaya e Ascher, 2001), desenvolvimento sustentável é aquele que procura atender às necessidades presentes sem comprometer a possibilidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades. Estas necessidades são, primordialmente, a saúde, a alimentação e os direitos humanos, e em particular, o direito à educação como requisito essencial para exercícios de cidadania (Alcamo et al., 2003). Nesta óptica, o desenvolvimento sustentável implica repensar o lugar dos cidadãos como parte da biosfera. Implica a inovação continuada de meios e de estratégias que possibilitem a todos atingirem um elevado padrão de qualidade de vida.

Segundo a Agenda 21, adoptada em 1992 pela Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, esta inovação é passível de ser concretizada pelo desenvolvimento das ciências e das tecnologias. Em particular, a biologia relaciona-se com muitos dos problemas que, centrados no desenvolvimento sustentável das sociedades, têm dominado as agendas sócio-política, económica e científica do mundo contemporâneo, uma vez que avanços nesta área estão a revolucionar, por exemplo, a agricultura, as engenharias e a medicina. Os avanços nestas áreas articulam-se, por sua

vez, com as novas tecnologias, e mormente, aos seus contributos para um futuro mais sustentável (Alcamo et al., 2003).

Dados disponibilizados pelo Eurobarómetro (EC, 2005) “Special Eurobarometer 224 / Wave 63.1 – *TNS Opinion & Social*”, são reveladores do interesse dos europeus por “*new inventions and technologies*”, assim como por “*new scientific discoveries*” manifestando-se “30% *very interested*” and 48% *moderately interested*” (EC, 2005, p. 6). Os dados obtidos neste inquérito apontam ainda para o interesse dos europeus por problemáticas ambientais, designadamente por temas como “*environmental pollution*”, “*which gathers the most interest among Europeans, with 38% indicating that they are very interested and 49% that they are moderately interested*” (ibid.).

Os cidadãos em geral têm a percepção que as ciências e a tecnologia intervêm decisivamente no desenvolvimento das sociedades (Rebelo et al., 2005) e na qualidade de vida. Importa, contudo, que tenham a percepção, não só dos desenvolvimentos científicos e tecnológicos, mas também de limitações, que lhes estão associadas.

A inclusão de temas actuais de biologia e áreas afins como a biotecnologia e toxicologia, entre outras, na formação dos cidadãos, em geral, e de alunos-futuros professores de ciências, em particular, poderá ser uma via essencial para essa tomada de consciência, e por conseguinte, para a promoção de uma educação para a cidadania - instrumental para promover desenvolvimento sustentável.

A título de exemplo, a biotecnologia, enquanto aplicação “*of science and technology to living organisms, as well as parts, products and models thereof, to alter living or non living materials for the production of knowledge, goods and services*” (Beuzekom e Arundel, 2006, p. 7) integra-se nos requisitos de um desenvolvimento sustentável, uma vez que procura contribuir, por um lado, para o aumento da qualidade de vida, pelos benefícios que oferece/pode oferecer na resolução de problemas de nutrição e saúde humanas, e por outro, para a diminuição do impacto da sociedade no planeta (Alcamo et al., 2003). Por esta ordem de ideias, a abordagem de conteúdos de biotecnologia em programas de educação formal, actuais e futuros professores de ciências, poderá contribuir “*para uma correcta percepção do estado do mundo*” (Vilches et al., 2004, p. 66) e para que os alunos, em geral, com mais frequência se envolvam em discussões e tomadas de decisão, actualmente e no futuro, acerca de problemas com dimensões científicas e tecnológicas.

Em Portugal, no contexto da escolaridade obrigatória, a ligação de conteúdos de ciências a contextos de vida dos alunos adquire importância particular e acrescida quando os próprios documentos oficiais (e.g. Currículo Nacional do Ensino Básico, DEB, 2001)

apelam à discussão de temas científicos e tecnológicos actuais, como forma de preparar os alunos para uma participação activa e fundamentada na sociedade. Reis e Galvão (2005), apoiando-se em estudos prévios (e.g. Reis e Pereira, 1998), assinalam que existem evidências de que a discussão de questões sócio-científicas emergentes “*pode revelar-se positiva na aprendizagem de conteúdos, dos processos e da natureza da ciência e da tecnologia e no desenvolvimento cognitivo, social, político, moral e ético dos alunos*” (Reis e Galvão, 2005, p. 76). Não obstante, “*a investigação também tem revelado que a realização destas actividades não constitui uma prática comum nas aulas de ciências*” (Reis e Galvão, 2005, p. 76) e mesmo tendências curriculares que contemplam inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) são ignoradas ou não são adequadamente consideradas (Solbes e Vilches, 2004).

Importa, pois, repensar a formação de professores de ciências, incluindo a inicial, visando proporcionar aos alunos-futuros professores a confiança, motivação e competências necessárias à análise e compreensão de temáticas sócio-científicas, bem como a práticas mais consentâneas com a construção de sociedades mais sustentáveis (CCE, 2005).

Se questões polémicas, como as que envolvem a co-incineração, têm avivado discussões sobre os riscos envolvidos nas aplicações da ciência e da tecnologia (Gonçalves, 2002), e se assuntos relacionados com a produção biotecnológica de bens agro-alimentares têm suscitado “*polémicas de natureza ética acerca do sentido, do valor e da extensão de utilização das descobertas científicas e das produções tecnológicas*” (Canavaro, 2000, p. 13), é imperioso que, tendo em conta novos ritmos impostos pelo desenvolvimento social e económico, os programas de formação inicial integrem na sua prática questões sócio-científicas emergentes, designadamente controversas.

Todavia, a biotecnologia, como outras áreas de biologia e a esta associadas, apresenta múltiplas dimensões, além das científicas – ecológicas, sociais, industriais e educativas –, cuja articulação pode ser difícil. Interessa pois, criar contextos onde, atendendo a projectos de investigação actuais, se possam articular as dimensões investigativa e educativa.

Actualmente, abordagens de formação de alunos-futuros professores de ciências valorizam, em geral, a reflexão sobre a construção do conhecimento científico, sobre a dimensão social das ciências, a par com a selecção cuidada e reflectida, do tipo de conteúdos que se pretende ensinar e dos modelos didácticos e estratégias metodológicas que se pretendem implementar (Jiménez e Petrucci, 2004). O debate de temas de ciências com relevância social (Reis e Galvão, 2005), e.g. contaminação ambiental, é

uma das estratégias metodológicas aconselhadas para a formação de alunos-futuros professores de ciências, por permitir explorar diversas dimensões: científicas, práticas e sociais.

Explicita-se em seguida, um conjunto de pressupostos relevantes na formulação do problema de investigação e elaboração do plano de investigação, agrupados em três domínios:

I) Domínio de biologia e biotecnologia (educação em ciências)

O facto dos currículos da escolaridade obrigatória, em Portugal, integrarem Ciências Físicas e Naturais que incluem conteúdos de biologia, indicia que estes se consideram educativamente relevantes. Porém:

- Os programas e os discursos escolares de ciências não promovem, na prática, o desenvolvimento de competências nas dimensões actuais das ciências e da tecnologia (Tavares, 2003). Contudo, o Currículo Nacional do Ensino Básico (CNEB) (DEB, 2001) encontra-se estruturado em quatro temas transdisciplinares, e abrangentes “Terra no espaço”, “Terra em transformação”, “Sustentabilidade na Terra” e “Viver melhor na Terra” que contemplam o desenvolvimento destas competências;
- Torna-se necessário aprofundar os conhecimentos de biologia e biotecnologia, designadamente, de toxicologia ambiental, em particular, o efeito de metais pesados nas plantas e de biotecnologia vegetal, incluindo a clonagem *in vitro* de espécies, dado constituírem matérias ainda de conhecimento insuficiente do público (Ávila e Castro, 2000) e com impacto no desenvolvimento actual da sociedade.

II) Domínio de formação para a cidadania (educação pelas ciências):

- Questões sócio-científicas emergentes exigem dos cidadãos uma formação adequada em áreas de ciências e tecnologia (e.g. biologia, biotecnologia);
- Os cidadãos devem assumir conscientemente a responsabilidade de participarem nas sociedades e orientarem os seus destinos, o que será dificultado, ou inviabilizado, “se a escola, subestimando o carácter ambivalente da ciência e da técnica, se limitar a facilitar o acesso aos conceitos científicos e às descobertas tecnológicas” (Santos, 1999, p. 19);
- Reformular as práticas em educação científica, tendo em vista metas de desenvolvimento sustentável exige dos professores funções acrescidas e conhecimentos, competências, valores e atitudes “necessários para

fundamentadamente tomarem posições acerca de problemas actuais com dimensões científicas e tecnológicas” (Pedrosa et al., 2004, p. 111);

- Tendências curriculares que contemplam inter-relações CTS são ignoradas, ou não são adequadamente consideradas (Solbes e Vilches, 2004), e, por conseguinte, o ensino e aprendizagem das ciências não está a valorizar, na prática, a dimensão formativa e cultural do ensino disciplinar (Canavarro, 1999);

III) Domínio epistemológico (educação sobre ciências):

- “*Os incitamentos a aprender “sobre” ciência são escassos e tendem a limitar a importância do ensino das ciências à sua validade científica interna*” (Santos, 1999, p. 232);
- Os programas de formação inicial não “*generam espacios que permitan el ejercicio de la reflexión*” (Ferreyra et al., 2004, p. 97);
- Nos discursos escolares “*a compreensão da natureza das ciências afasta-se de fundamentos epistemológicos mais consensuais e consentâneos com o “ethos” da ciência actual – com usos e costumes associados à produção científica contemporânea, bem como, com a correspondente concepção CTS de ensino das Ciências*” (Santos, 1999, p. 228);
- As concepções epistemológicas dos professores são influenciadas pelas “*convicções e crenças acerca quer da construção e desenvolvimento científico quer de eac [ensino e aprendizagem de ciências]*” (Pedrosa, 2000a, p. 21). Por sua vez, existem fortes relações entre as concepções epistemológicas dos professores e o papel que atribuem ao trabalho prático, trabalho experimental e trabalho laboratorial, bem como entre estas concepções e as práticas de sala de aula relativas a este tipo de actividades (Pedrosa, 2000a; Chagas e Oliveira, 2005).
- O trabalho de índole investigativa não tem sido uma referência nas práticas de ensino e aprendizagem de biologia (Crawford, 2007), embora seja encarado como uma das respostas curriculares ao mundo em mudança, encontrando-se, por isso, presente em muitos currículos escolares de diversos países (Miguéns et al. 1996; Miguéns e Serra, 2000);
- Deve promover-se investigação científica em diversos domínios, de forma a estimular os alunos-futuros professores *a colaborar “com los departamentos universitários e otras instituciones*” (Solbes et al., 2004, p. 108), estabelecendo pontes entre a

formação de professores e os centros de investigação, as instituições universitárias e politécnicas (Pedrosa, 2000b).

- A didáctica das ciências tem actualmente um papel chave na análise de problemas específicos que se colocam ao processo de ensino e aprendizagem de ciências (e.g. temas controversos em formação de professores), procurando sempre articular, inovação, investigação e formação (Cachapuz et al., 2001).

Partindo destes pressupostos, o trabalho de investigação desenvolveu-se para responder ao problema:

“Como proporcionar formação em biologia e biotecnologia para o mundo contemporâneo a alunos-futuros professores de ciências?”

A partir deste problema definiram-se dois objectivos gerais do trabalho:

OBJECTIVO GERAL 1: Autoformação em biologia e biotecnologia numa perspectiva investigativa

OBJECTIVO GERAL 2: Desenvolvimento de percursos investigativos em formação inicial de professores de ciências para o ensino básico, envolvendo temáticas actuais relacionadas com biologia e biotecnologia.

Para consecução destes dois objectivos gerais, e atendendo ao contexto profissional específico da autora, foram definidas duas etapas de trabalho:

Etapa I) Desenvolvimento de dois projectos investigativos, práticos e experimentais, a realizar nos Laboratórios de Biotecnologia e Citómica Vegetal do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro, no âmbito de toxicologia ambiental e biotecnologia vegetal (ver Figura I.1.), designadamente:

- *Toxicidade do chumbo em alface,*
- *Micropropagação do zimbro;*

Etapa II) Desenvolvimento de um conjunto de estratégias e recursos, mobilizando competências desenvolvidas na **Etapa I**, com e pelos alunos-futuros professores de ciências no contexto de formação específica de uma disciplina de Didáctica de Ciências da Natureza II, de um curso de licenciatura em Ciências da Natureza e

Matemática, para o 2º Ciclo do ensino básico, a decorrer num Instituto Superior privado.

Este conjunto de estratégias e recursos, designado, de ora em diante, por intervenção, compreendeu o planeamento e a implementação de trabalho investigativo, documental e empírico, com e pelos alunos-futuros professores, envolvendo temáticas actuais relacionadas com biologia e biotecnologia e componentes de trabalho experimental e laboratorial.

Com a **Etapa I**, pretendeu desenvolver-se competências científicas adequadas para conceber, planear, implementar e avaliar trabalho investigativo em contextos educativos. Para o efeito exploraram-se os dois projectos contemplados nesta Etapa (Figura I.1.).

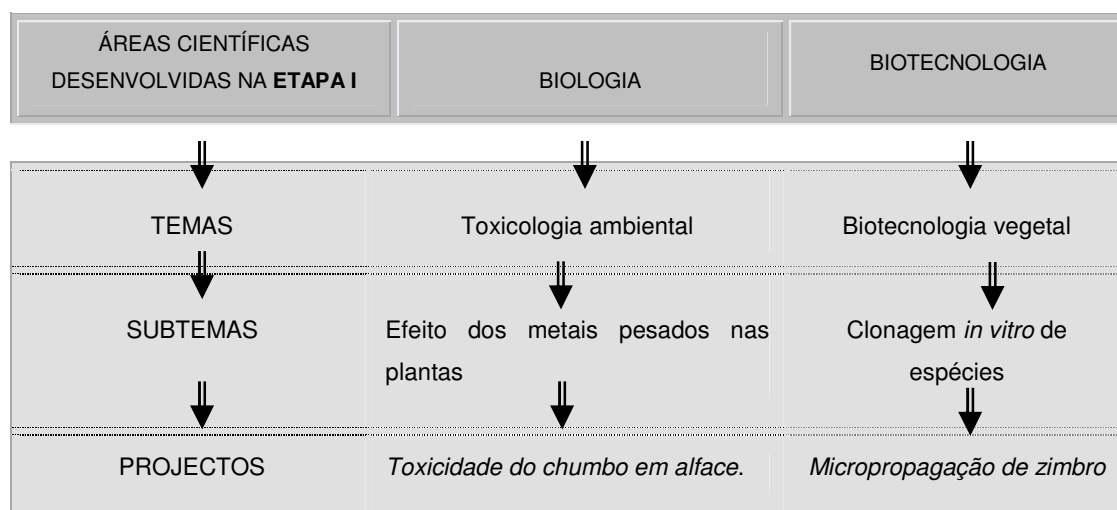


Figura I.1.: Enquadramento dos projectos definidos e desenvolvidos no âmbito da autoformação em biologia e biotecnologia, considerando o tema e subtema em que se inserem.

Com a **Etapa II** pretendeu-se:

1. Articular dimensões de investigação em biologia e biotecnologia com dimensões de investigação em ensino e aprendizagem de ciências;
2. Proporcionar ensino das ciências para o mundo contemporâneo, em particular de biologia, promovendo uma “educação *sobre* ciências”, uma “educação *pelas* ciências”, mas cuidando simultaneamente de uma dimensão de conteúdo científico, “educação *em* ciências” (Santos, 1999);

3. Estimular em alunos de formação inicial:

3.1. Reflexão epistemológica, visando **a)** desenvolverem imagens mais apropriadas das ciências, prestando atenção à natureza das ciências, ao “ethos” actual das ciências, e à construção de conhecimento científico; **b)** adquirirem competências específicas para apreciarem os valores que modelam a utilização das inovações científicas e tecnológicas (*e.g.* conhecimento biotecnológico); e **c)** desenvolverem práticas educativas em ciências consentâneas com perspectivas epistemológicas actuais;

3.2. Realização de trabalho prático investigativo de forma a **a)** desenvolverem competências específicas, em particular, investigativas para conceberem, planearem, implementarem e avaliarem percursos investigativos, com componentes experimentais; **b)** incorporarem conhecimentos, valores e atitudes relacionados com toxicologia e biotecnologia vegetal numa perspectiva de inter-relações CTS; e **c)** consciencializarem-se da importância de aprofundarem conhecimentos em toxicologia ambiental e biotecnologia vegetal pela utilidade que estas áreas têm/poderão ter na prevenção e (re)solução de problemas planetários, actuais e no futuro (*e.g.* protecção ambiental);

3.3. Desenvolverem comportamentos interventivos e responsáveis, tornando-se “*investigadores individuais e colaborativos*” (Day, 2001, p. 53), e, desse modo, melhorarem ao longo da vida a sua própria literacia científica e promoverem a dos seus futuros alunos, em temáticas científicas com impacto social e ambiental.

I.1.3. ORGANIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

No estudo desenvolvido, podem identificar-se várias fases com objectivos complementares:

1ª Fase – Reflexão

A explicitação do problema e objectivos envolveu reflexões sobre a experiência pessoal, pesquisa bibliográfica e diálogos formais e informais com as orientadoras do projecto de Doutoramento e colegas de trabalho.

Uma sucinta revisão da literatura incidiu, por um lado, sobre **(i)** biologia e biotecnologia para o mundo contemporâneo designadamente, sobre toxicologia ambiental e biotecnologia vegetal, e por outro, sobre aspectos relevantes em educação científica incidindo especialmente em **(ii)** literacia científica e inter-relações CTS, **(iii)** concepções sobre a natureza das ciências e reflexões epistemológicas em educação científica, **(iv)** temáticas de biologia e biotecnologia para o mundo contemporâneo no CNEB (DEB, 2001) e **(v)** desafios que actualmente se colocam à formação inicial de professores, em particular os relacionados com perspectivas epistemológicas e o trabalho prático numa perspectiva investigativa, e a importância de, em contextos de (auto)formação de professores, aprender investigando, investigar para aprender.

Esta fase de reflexão foi essencial à planificação do trabalho prático da **Etapa I** e à subsequente preparação das estratégias e dos recursos didácticos, a utilizar na intervenção da **Etapa II**.

2ª Fase – Planificação, execução, recolha e tratamento de dados nos projectos *Toxicidade do chumbo em alface* e *Micropropagação do zimbro*

- Planeamento dos dois projectos de investigação desenvolvidos nos Laboratórios de Biotecnologia e Citómica do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro, designadamente, *Toxicidade do chumbo em alface* e *Micropropagação do zimbro*.
- Delimitação das temáticas específicas e definição do(s) problema(s).
- Selecção dos materiais e procedimentos a utilizar e adoptar no desenvolvimento dos dois projectos de investigação.
- Execução do trabalho experimental e laboratorial em *Toxicidade do chumbo em alface*, recolha de dados, seu tratamento, discussão e conclusões.
- Execução do trabalho experimental e laboratorial em *Micropropagação do zimbro*, recolha de dados, seu tratamento, discussão e conclusões.

3ª Fase – Planificação, execução, recolha e tratamento de dados relativos a trabalho investigativo desenvolvido em formação inicial de professores de ciências

- Selecção de referenciais teóricos, definição do problema, dos objectivos relativos à intervenção e organização da intervenção para alunos da disciplina de Didáctica de Ciências da Natureza II, de um curso de licenciatura em Ciências da Natureza e Matemática, 2º Ciclo do ensino básico.
- Delineamento e preparação das estratégias de intervenção.
- Delineamento e preparação dos recursos didácticos necessários para desenvolver a intervenção.
- Implementação das estratégias delineadas e utilização dos recursos didácticos construídos.
- Recolha e tratamento dos dados – análise qualitativa, descritiva e interpretativa dos dados recolhidos.

4ª Fase – Reflexão centrada na discussão dos resultados

Apresentam-se e analisam-se os dados recolhidos, discutem-se os resultados e apresentam-se conclusões relativas à **Etapa I**, referentes a *Toxicidade do chumbo em alface* e a *Micropropagação de zimbro*. Apresentam-se e analisam-se os dados recolhidos no desenvolvimento da intervenção (**Etapa II**), discutem-se resultados e apresentam-se conclusões, bem como limitações, implicações e sugestões para a formação inicial de professores de ciências, e para a investigação em ensino e aprendizagem das ciências e, por último, apresentam-se algumas considerações finais.

I.1.4. PLANO GERAL DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está organizada em cinco capítulos.

No **capítulo um** define-se o problema central (*“Como proporcionar formação em biologia e biotecnologia para o mundo contemporâneo a alunos-futuros professores de ciências?”*), os objectivos, e apresenta-se uma descrição da organização da investigação e o plano geral da dissertação.

No **capítulo dois** contextualiza-se o estudo, justifica-se a selecção de temáticas actuais relacionadas com biologia e biotecnologia, designadamente, toxicologia ambiental e biotecnologia vegetal para o desenvolvimento do trabalho investigativo e sua inclusão em ensino e aprendizagem das ciências; revê-se literatura relevante em educação científica formal, incidindo especialmente sobre aspectos de literacia científica e inter-relações CTS, aspectos da natureza das ciências e reflexões epistemológicas, temáticas de biologia e biotecnologia para o mundo contemporâneo no CNEB (DEB, 2001), desafios que actualmente se colocam à formação inicial de professores, em particular, os relacionados com perspectivas epistemológicas e trabalho prático numa perspectiva investigativa, e a importância de, em contextos de (auto)formação de professores, aprender investigando, investigar para aprender.

No **capítulo três** apresentam-se e justificam-se as metodologias adoptadas nas **Etapas I e II** do trabalho, os recursos didácticos construídos e os instrumentos de recolha dos dados utilizados.

No **capítulo quatro** apresenta-se uma análise e tratamento dos dados recolhidos e discutem-se os resultados.

No **capítulo cinco** apresentam-se as conclusões do estudo, as suas limitações, implicações para a formação de professores de ciências e para a investigação em ensino e aprendizagem das ciências, e apresentam-se algumas considerações finais.

Por último, apresenta-se uma listagem de referências bibliográficas e os anexos.

A dissertação apresenta-se, esquematicamente, na Figura I.2.

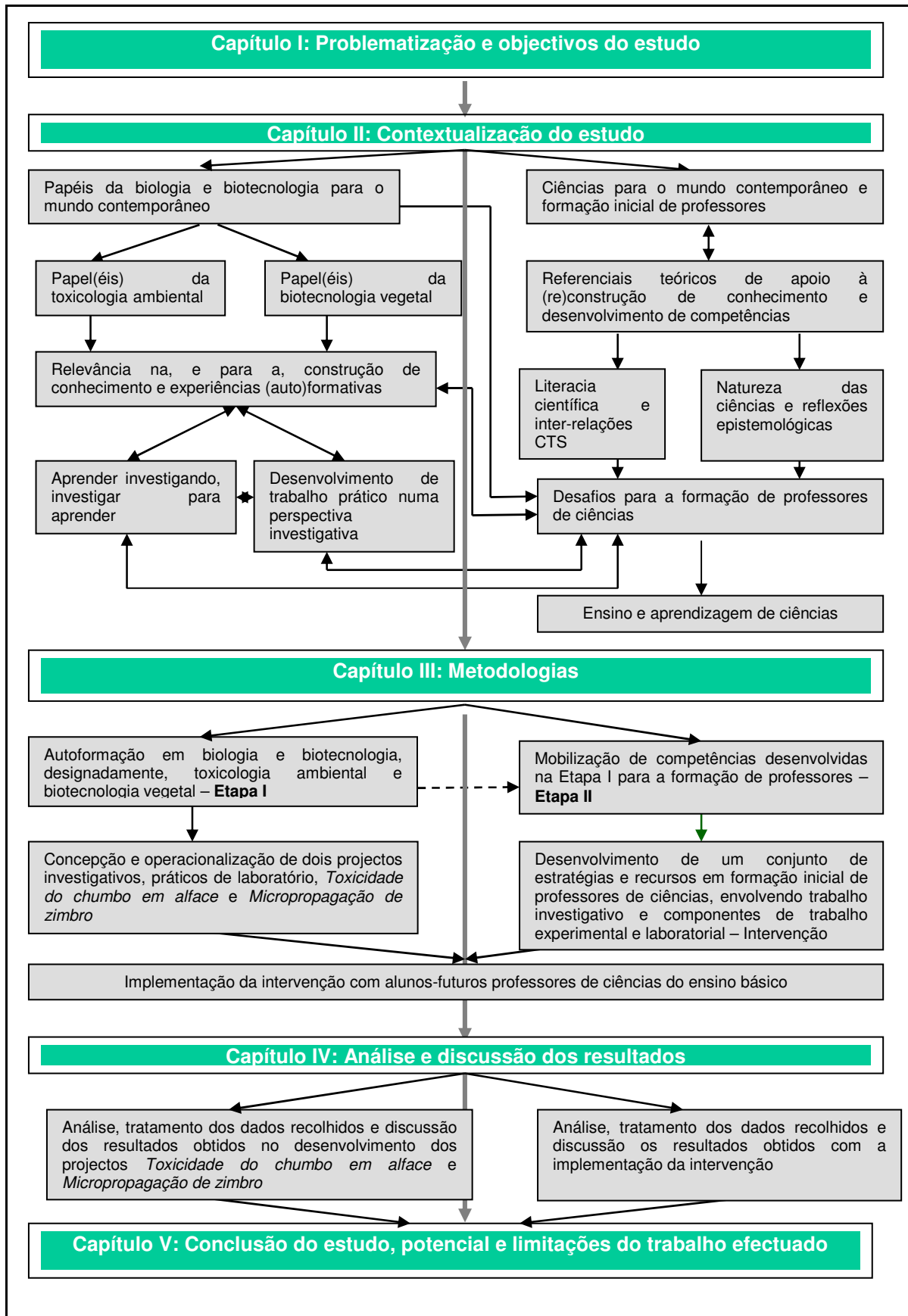
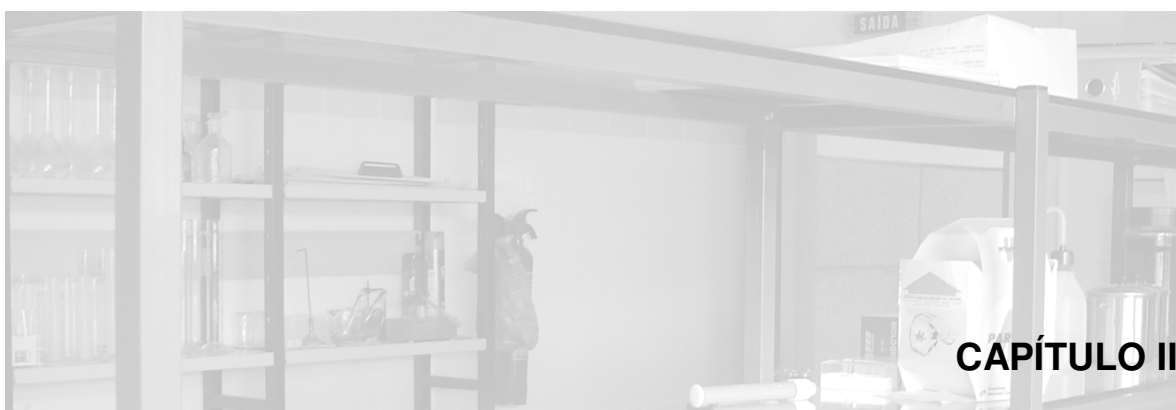


Figura I.2.: Esquema global da dissertação.



CAPÍTULO II



CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO

II.1. BIOLOGIA PARA O MUNDO CONTEMPORÂNEO: TOXICOLOGIA AMBIENTAL E BIOTECNOLOGIA VEGETAL

II.1.1. INTRODUÇÃO

Apresenta-se um enquadramento teórico relativo à importância da biologia para o mundo contemporâneo, em particular, na formação para a cidadania (**secção 1.2.**); descrevem-se os fundamentos para a selecção e estudo de duas temáticas relacionadas com biologia e biotecnologia, designadamente, toxicologia ambiental e biotecnologia vegetal (vide Figura I.1., p. 10), usando plantas em ambos os estudos (**secção 1.3.**).

II.1.2. BIOLOGIA: RELEVÂNCIA ACTUAL E PERSPECTIVAS FUTURAS

A evolução da sociedade, a par dos progressos científicos em biologia, incentiva novos desafios em investigação, designadamente os que visam a melhoria das condições de vida da humanidade.

Poder-se-á dizer que a biologia entrou na idade do ouro¹: há agora bastante investimento em investigação biológica no sector privado e no sector público (*e.g.* genética molecular, biotecnologia farmacêutica, biotecnologia alimentar, imunologia, toxicologia ambiental, biotecnologia vegetal).

Presentemente, o campo de actuação de biólogos é muito vasto e engloba biologia molecular, bioquímica, biotecnologia, ecologia, microbiologia, toxicologia, biologia vegetal, biologia marinha, entre outros. Aos biólogos compete também a análise e reflexão sobre problemáticas ambientais que dizem respeito à evolução do planeta, ao aproveitamento de recursos naturais e à utilização de tecnologias com impacto no ambiente, sobretudo as que interferem na dinâmica dos ecossistemas e dos próprios organismos. Algumas destas problemáticas têm constituído motivo para preocupação, *e.g.* as relacionadas com a biodiversidade, alterações globais e desenvolvimento sustentável, o que implica novos desafios e reclama orientações e metodologias inovadoras, tanto em investigação como em educação: *“research, training and education in science, particularly biology, are pre-requisites if we are to succeed in bringing about an*

¹ <http://www.news.cornell.edu/campus/CGI/exec.html> [Online 01/03/06]

economically efficient, socially equitable and environmental sustainable development" (Younés, 2000, p. 3).

Para El-Nemr e Tolymat (2000), um campo de estudo como a biologia, com tal impacto na vida humana, requer alguma prudência quando é matéria de ensino e aprendizagem. Para estes autores, provavelmente no passado terá havido um período em que a biologia se manteve "isolada" da sociedade, mas actualmente, quer se queira quer não, os professores de ciências são(serão) responsáveis pela tarefa de educar e preparar intelectual, ética, moral e socialmente os jovens para estas evoluções intrínsecas na biologia. Por exemplo, sustentabilidade, biotecnologia, bioética são assuntos que os professores necessitam de estudar para os compreenderem e se aperceberem do seu valor. Um currículo de biologia que foque a natureza da biologia e da tecnologia e respectivas interações com a sociedade e ambiente constituirá, por isso, um modo eficaz de auxiliar professores e alunos a desenvolverem tais estudos (*ibid.*).

No cenário actual é fundamental orientar os jovens para novas formas de abordar a realidade (*e.g.* avanços na investigação em ciências), por exemplo discutindo aspectos da biotecnologia relacionados com a melhoria da alimentação, saúde e protecção do ambiente, incluindo, os éticos e morais. Na perspectiva de Pujol (2002), é imperativo a construção colectiva de novas formas de sentir, valorizar, pensar e actuar, de forma, a reconhecer-se a "literacia biológica" (Matsuura, 2000) como uma força motriz que promove a literacia científica de todos os cidadãos e, concomitantemente, que os responsabiliza e torna solidários com as gerações actuais, sem comprometer com isso, as futuras. Só assim, acrescenta Pujol (2002), se conseguirá alcançar uma vida digna e adequada.

Matsuura, director geral da UNESCO, num simpósio sobre educação em biologia, salienta a importância de educar em biologia, não só, para formar investigadores, mas também para formar cidadãos responsáveis, autónomos e conscientes das inter-relações entre os domínios científicos, sociais e éticos, expressando um conjunto de ideias relativas a estes novos papéis, das quais se destaca: "*Biology is at the core of new contract between science and society*" (Matsuura, 2000, p. 2). Salienta ainda o contributo que a educação em biologia pode ter na tomada de decisões conscientes, por parte dos cidadãos, em geral, relativamente à utilização de tecnologias e à gestão de recursos naturais.

Em síntese, se as ciências, em geral, biologia, em particular, devem contribuir para orientar os jovens a tornarem-se cidadãos críticos, capazes de entender e analisar o

mundo e de participar activamente na melhoria da sua qualidade de vida e da comunidade, não é isso, contudo, o que se tem verificado (Canavarro, 1999).

A prática corrente de ensino das ciências tem ignorado esta questão social e pouco tem contribuído para a formação social dos indivíduos (Canavarro, 1999). Os *media* procuram ter esse papel (*e.g.* ao reconhecerem interacções CTS no mundo quotidiano), no entanto, nem sempre têm colaborado de uma forma positiva, para a compreensão pública da ciência e da tecnologia (Mendes, 2002). Também o valor que os livros de divulgação científica têm para o currículo de educação em ciências, depende da forma cuidadosa e crítica com que estes são usados (*ibid.*).

Pode admitir-se que a educação em ciências não esteja, na generalidade, a contribuir para os alunos desenvolverem imagens adequadas de ciências (Fernández et al., 2005), e esteja mesmo a contribuir para o seu afastamento das ciências (Aragón Mendez, 2004; Fernández et al., 2005). Uma intervenção ao nível da (re)formulação de concepções epistemológicas dos professores torna-se, por isso, imperiosa para ajudar os professores a modificarem as suas formas de actuação, de modo a contribuírem para que os seus alunos desenvolvam imagens adequadas acerca das ciências (Fernández et al., 2005).

Desde a década de sessenta do século XX, a *Organização Internacional das Ciências Biológicas* (“International Union of Biological Sciences”, IUBS) tem vindo a desenvolver actividades, dando particular atenção, aos pressupostos básicos de colaboração global, internacional e interdisciplinar, visando aliar a investigação biológica e a educação às necessidades sociais. Mais recentemente, no âmbito do programa “Integrative Biology” adoptado nos Estados Unidos da América (Marvalee, 2000), pretendendo interligar-se questões complexas de biologia com o quotidiano, com os indivíduos e com a sociedade, apresentou-se um conjunto de ideias no sentido de promover a investigação e a educação em biologia. Em relação a este programa, Borght (2000) apresenta um conjunto de argumentos justificativos do ensino de conceitos de biologia (para além do seu valor *per se*). O primeiro argumento refere-se ao facto de conceitos de biologia serem importantes e úteis para a vida quotidiana – argumento de utilidade. O segundo salienta a importância de compreender os conceitos de biologia para uma participação efectiva dos cidadãos em debates e na tomada de decisões sobre questões que têm uma forte componente biológica – argumento democrático. O terceiro estabelece que o conhecimento científico faz parte da nossa cultura e, portanto, todos os estudantes devem ser expostos a ele – argumento cultural. Este autor reafirma ainda que, numa abordagem integrada de biologia, os alunos aprendem a construir os seus conhecimentos

de uma forma contextualizada e a utilizarem-nos na resolução de problemas do seu dia-a-dia (*ibid.*).

No cenário educativo português, este tipo de abordagem remete para uma análise mais vasta do ensino e aprendizagem de ciências, em particular, para a necessidade de que “a escola ajude o aluno a reflectir sobre o que existe, sobre o que se antecipa e sobre o que realmente quer enquanto cidadão” (Santos, 1999, p. 19). Assim, educação em ciências numa perspectiva de formação para a cidadania deve passar obrigatoriamente pela “*motivação e capacidade dos indivíduos de envolverem-se em decisões sobre os rumos da sociedade, um desafio no qual compreender e reflectir a prática científica/tecnológica se faz preponderante*” (Valério e Bazzo, 2006, p. 6). Os programas de formação de professores não devem descurar, por isso, algumas (re)orientações de fundo em relação ao modo de pensar a ciência escolar, designadamente, uma orientação pós-positivista, contextualizada e experimental das ciências (Cachapuz et al., 2002). Por orientação pós-positivista entende-se aquela que valoriza a índole “externalista” do conhecimento científico, “*envolvendo sempre de algum modo na sua construção uma confrontação com o mundo, dinâmico, probabilístico, replicável, e humano*” (*ibid.*, p. 47). Já a preocupação de envolver todos os alunos e considerar os assuntos que potencialmente lhes interessem, configura uma orientação contextualizada das ciências. Nesta, valoriza-se, em primeiro lugar, a conceptualização das situações, em seguida, o estudo de temáticas que “*não sejam só assuntos do passado, mas sim também com marca de contemporaneidade*” (*ibid.*, 2002, p. 53), como por exemplo, biotecnologia, genoma humano, e, por último, que estes assuntos não podem ser deixados só para o ensino superior.

Numa orientação experimental das ciências valoriza-se o trabalho experimental centrado nos alunos e, se possível, envolvendo alguma investigação (*ibid.*, 2002). Por exemplo, biotecnologia e toxicologia, por serem áreas que interligam muitas das questões complexas de biologia com a sociedade, afiguram-se, numa perspectiva de promover melhores exercícios de cidadania, como assuntos relevantes na formação de alunos-futuros professores de ciências.

II.1.3. FUNDAMENTOS PARA A SELECÇÃO DAS TEMÁTICAS

As plantas têm um papel importante ao nível ambiental, designadamente por prevenirem a erosão do solo, aumentarem a concentração de oxigénio na atmosfera, reduzirem as concentrações de dióxido de carbono resultantes, designadamente, de combustão de combustíveis fósseis. Têm também um papel social único na criação de stocks alimentares², no fornecimento de fibras para a construção civil, vestuário, bem como noutros âmbitos, e.g. industriais e energéticos (BIO, 2008). Dado serem material fácil de manusear e manipular a que não se aplicam muitas das restrições éticas levantadas pela utilização de animais superiores, as plantas constituem motivo de interesse para o desenvolvimento de projectos de investigação que requeiram trabalho prático e laboratorial, incluindo os aplicáveis em ensino e aprendizagem das ciências.

Na **secção 1.3.1.** apresentam-se os fundamentos para a selecção da temática toxicologia ambiental, em particular da investigação do efeito dos metais pesados em plantas, e na **secção 1.3.2.** apresentam-se os fundamentos para a selecção da temática biotecnologia vegetal, em particular clonagem *in vitro* de plantas.

² <http://www.news.cornell.edu/campus/CGI/plant.html> [Online 03/05/06]

II.1.3.1. Toxicologia ambiental

Os seres humanos, e os sistemas socioeconómicos em que se integram, estão intimamente dependentes dos sistemas ecológicos, dado que estes disponibilizam um conjunto de recursos. A disponibilidade destes recursos é condicionada por mudanças climáticas, alterações na diversidade biológica, alterações na camada de ozono, modificações nos oceanos, nos ciclos da água, do azoto e restantes elementos químicos, o que, a longo prazo, acarreta consequências graves para a humanidade (AEA, 2004).

A educação em biologia, explorando estes e outros temas relevantes, pode contribuir para tomadas de consciência de desafios presentes e futuros. No contexto actual, a educação em biologia pode, e deve, ajudar a sensibilizar as pessoas para os problemas actuais (Vohra, 2000) que, centrando-se em desenvolvimento sustentável, têm dominado as agendas sócio-política, económica e científica, de onde se destacam os directamente relacionados com a protecção ambiental (Pedrosa e Mendes, 2004). Neste campo, destacam-se os problemas de contaminação ambiental, frequentemente difundidos pela comunicação social e que afectam, ou podem afectar, drasticamente diversas comunidades.

Certos tipos de poluentes (*e.g.* metais pesados e pesticidas) acumulam-se e amplificam a sua presença ao longo da cadeia alimentar, podendo converter-se/transformar-se no topo da cadeia em concentrações milhares de vezes superiores às verificadas no ambiente circundante. Acresce ainda a dificuldade de remoção destes poluentes dos solos.

No caso particular de metais pesados, a actividade humana é a causa mais frequente para a sua presença no solo (*e.g.* resíduos de baterias, tintas e equipamentos electrónicos em aterros) (Connell, 2005) e nas águas de rega, levando à toxicidade de plantas, nomeadamente, hortícolas. O conhecimento fundamental dos sistemas biológicos, assim como dos mecanismos que envolvem a tolerância das plantas aos metais pesados é, pois, de interesse primordial para evitar ou prevenir muitos problemas de contaminação ambiental³. A toxicologia ambiental é, assim, uma área pertinente de investigação e de ensino que é primordial continuar a desenvolver.

O relatório “*Children’s health and environment: a review of evidence*” publicado pelas European Agency Environment e World Health Organization Regional Office for Europe expõe algumas das consequências imputáveis a factores ambientais: “*Estima-se que*

³ <http://www.eea.europa.eu/themes/chemicals> [Online 03/05/06]

cerca de 20% do total das doenças registadas nos países industrializados sejam imputáveis a factores ambientais” (CCE, 2003, p. 24).

O público europeu parece ter uma percepção clara da magnitude do problema. De acordo com dados difundidos pelo “Special EUROBAROMETER 224 “Europeans, Science & Technology” (EC, 2005), aproximadamente 89% dos inquiridos manifestaram preocupações relativas ao impacto do ambiente na sua saúde. No que se refere à poluição atmosférica, um estudo *“em 124 cidades europeias (somando um total de 80 milhões de habitantes) indicou que cerca de 60 000 mortes por ano podem ser associadas à exposição prolongada a poluição do ar por partículas em suspensão superior ao nível fixado, nas 124 cidades que dispõem de dados referentes a partículas”* (CCE, 2003, p. 24).

O ambiente constitui um dos assuntos de maior preocupação por parte dos cidadãos, em geral, como destaca o documento “Millenium Ecosystem Assessment” (Alcamo et al., 2003). O relatório “Perspectivas del medio ambiente mundial GEO 4: medio ambiente para el desarrollo” é disso um exemplo, ao alertar para problemáticas relacionadas com a água (PNUMA, 2007).

A “Commission on Sustainable Development” (UN, 2005) contemplou temáticas ambientais no seu programa plurianual, de 2004-2005, propondo grupos de trabalho para a água e o saneamento. Também nesse sentido, a UNESCO (2005a), liderando a década de educação para desenvolvimento sustentável (2005-2014), salienta princípios e recomendações relativas a problemáticas ambientais.

Em suma, apesar dos benefícios que o desenvolvimento técnico-científico tem gerado, os problemas ambientais continuam a emergir e a sugerir o (re)equacionamento dos conteúdos curriculares de ciências, em que se incluem os de biologia.

A transposição para as escolas da numerosa informação disponível nas comunidades científicas requer o desenvolvimento de actividades práticas, como por exemplo, as relacionadas com problemas ambientais (e.g. a dosagem de metais pesados em plantas hortícolas).

Segundo a “Society of Toxicology – SOT”⁴, fundação americana dedicada ao desenvolvimento de projectos em toxicologia no domínio da investigação, educação e saúde pública, pensar em questões como *“Este produto é seguro?”*, ou *“Como é que se sabe se um determinado ambiente está poluído?”* possibilita bons exercícios na aplicação de processos científicos e questionamento de evidências, permite o desenvolvimento de actividades laboratoriais, a análise de estudos de caso, a realização de simulações e o

⁴ <http://www.toxicology.org/AI/K12O/whyteach.asp> [Online 01/03/06]

debate de conceitos. Estas actividades são importantes no desenvolvimento do pensamento científico, e mesmo sem utilizar uma linguagem muito complexa, os alunos podem compreender relações complexas, como a relação dose-efeito de determinada substância ou iões constituintes (SOT). Neste contexto, pode usar-se como exemplo uma planta (*e.g.* alface) que em presença de um metal pesado (*e.g.* iões chumbo presentes em $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) sofre clorose foliar, efeito que se agrava com o aumento da concentração desse ião metálico.

Pela pertinência dos estudos já efectuados sobre toxicologia de metais pesados, importa agora, desenvolver novos estudos sobre a toxicidade de metais em organismos, em geral, plantas, em particular, pelas consequências que daí podem advir para as plantas e para os restantes níveis tróficos de um ecossistema. Estes estudos tornam-se também particularmente úteis, quando se pretende desenvolver competências científicas, *e.g.* investigativas, integrando estratégias de transposição didáctica para um contexto de formação inicial de professores de ciências para o ensino básico.

II.1.3.2. Biotecnologia vegetal

Num sentido lato, a biotecnologia começou há milhares de anos, quando, por exemplo, as primeiras colheitas foram produzidas para selecção de características específicas e microrganismos foram usados no fabrico de cerveja, pão ou queijo. Já num sentido restrito, poder-se-á dizer que a biotecnologia teve origem com o aparecimento das técnicas de manipulação e transferência de genes (BIO, 2008).

A biotecnologia encontra-se presente em inúmeras actividades associadas a uma melhoria da qualidade de vida, tais como, aquacultura, melhoramento e produção de plantas para reflorestação ou consumo humano, recuperação de ambientes degradados, *e.g.* resultantes de derrames de petróleo ou contaminação de solos, ou ainda tratamento de efluentes. Na área da saúde a biotecnologia tem tido uma papel determinante, com o desenvolvimento de novos instrumentos de diagnóstico e/ou tratamento de doenças (com recurso, por exemplo, às chamadas células estaminais) ou noutros campos como a reprodução medicamente assistida.

Consoante o campo de aplicação, a biotecnologia diferencia-se em vários domínios, frequentemente designados biotecnologia ambiental, vegetal, animal, agro-alimentar, ou outros. Evidencia-se também o inter cruzamento com outras áreas como em situações onde a biotecnologia vegetal, a biotecnologia ambiental e a toxicologia se fundem (*e.g.* desenvolvimento/melhoramento de espécies para fitorremediação, clonagem de espécies em risco). Em particular, a clonagem *in vitro* de plantas, também designada de micropropagação, baseia-se na potencialidade de propagar, por reprodução assexuada, um elevado número de plantas num intervalo de tempo curto e num espaço reduzido. Esta propagação é possível em virtude das células vegetais serem, em geral totipotentes (Collin e Edwards, 1998).

A micropropagação utiliza, como material biológico, fragmentos de órgãos, tecidos ou células isoladas da planta (por exemplo, uma porção de raiz, folha ou caule), e em condições de assepsia, este material previamente descontaminado é colocado num meio de cultura – uma solução aquosa com os nutrientes e fitoreguladores apropriados e, um agente gelificante. Açúcar, vitaminas e sais minerais (macronutrientes e micronutrientes) contam-se entre os constituintes do meio de cultura (Capelo et al., 2006).

Actualmente, inúmeros estudos evidenciam que a clonagem *in vitro* permite a cultura/propagação de espécies agrícolas (*e.g.* couve flor) e ornamentais (*e.g.* violeta), e contribui, por exemplo, para prevenir a extinção de espécies em risco, reproduzindo plantas de importância ambiental ou industrial (Collin e Edwards, 1998).

Assuntos de biotecnologia, *e.g.*, relativos à manipulação de seres vivos para benefício humano, de que são exemplos a clonagem terapêutica e a utilização de organismos geneticamente modificados (OGMs), têm despertado grande interesse (EC, 2002), mas também alguma apreensão (Federico-Agraso e Jiménez Aleixandre, 2006). Diversos investigadores manifestam receios em relação às implicações éticas: *“la biotecnología es tal vez uno de los campos de la tecnociencia más polémicos y sensibles para la sociedad, debido a las implicaciones éticas, morales que lo acompañan”* (Acevedo, 1998). Estes receios são reproduzidos por órgãos de comunicação social (Federico-Agraso e Jiménez Aleixandre, 2006) e por políticas governamentais *“as concerns about genetically modified crops, biotechnology and technology transfer have come to the forefront of media coverage and governmental policies, such issues clearly have implications on the life of every citizen around the world.”* (Montgomery, 2003, p. 1).

A percepção que a opinião pública tem dos benefícios das ciências da vida e da biotecnologia parece depender do seu nível de conhecimentos: *“los países europeos con*

mayor grado de conocimientos en ciencia y tecnología –v.g., los países nórdicos, Alemania y Gran Bretaña– se muestran en general más escépticos y desfavorables respecto al futuro de ciertas tecnociencias, como ocurre con la biotecnología” (Acevedo Díaz, 2006, p. 373).

A biotecnologia, como outras áreas de biologia e a esta associadas, está expressamente declarada como um eixo fundamental de desenvolvimento da Europa, na chamada “Estratégia de Lisboa” (CE, 2002). Por exemplo, a produção de *Pinus* em larga escala através do processo biotecnológico – a micropropagação –, é uma das estratégias adoptadas pelos países nórdicos para aumentar a área de reflorestação (Williams e Byram, 2001).

Em Portugal, a micropropagação de plantas tem sido largamente usada em estratégias de preservação de genótipos de elite de interesse comercial (e.g. eucalipto, sobreiro), ou para preservar indivíduos de populações/ecossistemas em risco (e.g. *Juniperus phoenicea*). Esta técnica é cada vez mais encarada como um complemento a técnicas de clonagem convencionais, e uma ferramenta crucial para outras estratégias de melhoramento.

Neste cenário de desafios relacionados com a biotecnologia, em geral, e a clonagem, em particular, é importante repensar a inclusão de conteúdos associados à biotecnologia, no ensino das ciências (Sáez et al., 2007). Para Harms (2002), o ensino de ciências deve proporcionar as condições adequadas para os alunos compreenderem os aspectos básicos envolvidos nas técnicas de biotecnologia, entenderem as finalidades da sua utilização e os seus efeitos, de forma a tomarem decisões justas em relação a estes assuntos e a adoptarem comportamentos adequados.

Actualmente, os jovens já ouviram falar sobre biotecnologia, e.g. OGM ou plantas transgénicas, mas sem uma orientação científica e pedagógica apropriada (Rota e Izquierdo, 2003). Os adultos encarregados da educação terão certamente dificuldades em explicar estes conceitos. Fora da escola há poucas oportunidades para aqueles que não trabalham na área da investigação científica e industrial, aprenderem sobre biotecnologia, pelo que os professores, enquanto educadores, devem assumir um papel determinante na compreensão destas novas tecnologias científicas (*ibid.*).

Para além disso, a biotecnologia evolui muito rapidamente (Sáez et al., 2007), tornando-se difícil aos professores de biologia manterem-se actualizados, incorporarem nas suas práticas de educação em ciências conceitos novos sobre esse campo de investigação, bem como apresentarem da melhor forma essa informação, pelo que, frequentemente, não se consegue que os alunos aprendam conceitos básicos de biotecnologia. Torna-se,

pois, imperioso actualizar os programas de educação em biologia, através da incorporação de temas de biotecnologia (e.g. clonagem *in vitro* de plantas). Isto é, os currículos de ciências devem actualizar-se com a introdução de conteúdos de biotecnologia relevantes, o que irá atenuar a separação entre a escola e o meio onde os estudantes vivem, e proporcionar aos alunos uma melhor compreensão das relações entre o que aprendem, a investigação em ciências, e a produção e/ou aplicação tecnológica ou industrial (*ibid.*).

A biotecnologia já foi integrada nos currículos escolares em vários países na União Europeia através do projecto “European Initiative for Biotechnology Education – EIBE” (Rota e Izquierdo, 2003). Em Portugal, têm sido desenvolvidos alguns projectos, nomeadamente em escolas secundárias integradas em projectos “Ciência Viva”, com o apoio do Departamentos de Biologia da Universidade de Aveiro, da Faculdade de Ciências do Porto, Fundação Gulbenkian⁵, entre outros.

Em suma, a cultura *in vitro* de espécies vegetais é um tema pertinente e actual para o ensino e aprendizagem das ciências (Capelo e Santos, 2006). Por outro lado, a sua utilização em contextos de formação inicial de professores de ciências permite aos alunos-futuros professores, e aos seus futuros alunos, acederem a conceitos fundamentais (eg. teoria celular, totipotência ou processos de diferenciação): “*Plant biotechnology, particularly plant tissue culture technology including micropropagation techniques, which have already been applied to the primary production systems could also be applied to assist advancing our knowledge concerning all aspects of their biology.*” (Leung, 2008, p. 4). Igualmente, a desenvolverem actividades práticas experimentais (elaborando e testando hipóteses, manipulando material biológico em condições de assépsia) sem as condicionantes éticas levantadas pela utilização de animais. Estas vantagens justificam a concepção e desenvolvimento de estratégias de transposição didáctica para a formação inicial de professores de ciências envolvendo temas de biotecnologia.

⁵ <http://biotecnologia-na-escola.up.pt/> [Online 02/07/07]

II.2. CIÊNCIAS PARA O MUNDO CONTEMPORÂNEO E FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES

II.2.1. INTRODUÇÃO

Apresenta-se um conjunto de referenciais teóricos relativo à importância das ciências para o mundo contemporâneo e formação para a cidadania, incidindo especialmente sobre aspectos de literacia científica e inter-relações CTS (**secção 2.2.**), concepções sobre a natureza das ciências e reflexões epistemológicas (**secção 2.3.**), exploração de temáticas de biologia e biotecnologia para o mundo contemporâneo no CNEB (DEB, 2001) (**secção 2.4.**), e sobre os desafios que se colocam à formação inicial de professores de ciências (**secção 2.5.**). Destes desafios, realçam-se os relacionados com perspectivas epistemológicas e trabalho prático numa perspectiva investigativa (**secção 2.5.1.**), a importância de aprender investigando, investigar para aprender (**secção 2.5.2.**), dando ênfase à importância da investigação em ensino e aprendizagem das ciências (**secção 2.5.2.1.**), algumas razões de “para quê investigar?” no actual contexto de educação em ciências para o mundo contemporâneo (**secção 2.5.2.2.**) e, por fim, discute-se o papel da investigação na construção de conhecimento científico em processos de (auto)formação docente (**secção 2.5.2.3.**).

As inter-relações entre os referenciais teóricos em que se apoiou o trabalho de investigação, correspondente aos percursos investigativos desenvolvidos durante a autoformação (caixas a cinza), e na formação inicial de professores (caixas a verde) estão esquematizadas na Figura II.2.1.

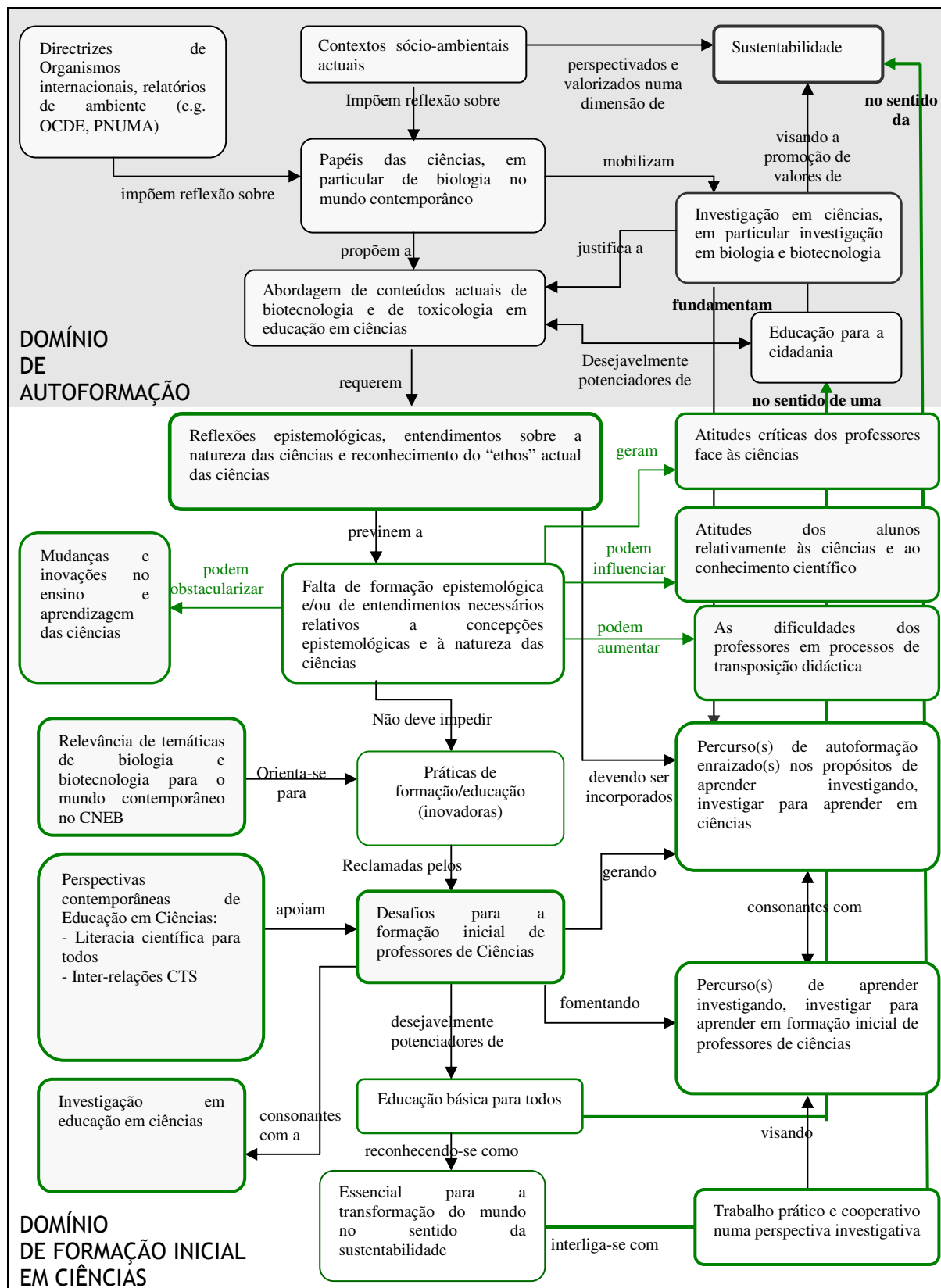


Figura II.2.1.: Clarificação e inter-relação entre os referenciais teóricos em que se apoiou o trabalho de investigação desenvolvido, correspondente aos percursos investigativos concretizados em autoformação (assinalado pelas caixas a cizento) e em formação inicial de professores de ciências (assinalados pelas caixas a verde).

II.2.2. Literacia científica para todos e inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade

No âmbito da educação científica, há muito que se reivindica a importância de uma literacia científica e tecnológica, justificando-a com múltiplos argumentos (Martins, 2003). Numerosas iniciativas, de que se destaca a “World Conference on Education for All” (1990), realizam-se com a preocupação generalizada de alcançar uma educação de qualidade, equitativa e acessível a todos e, implicitamente, de promover a literacia, como condição necessária e indispensável ao exercício de uma cidadania activa, consciente e responsável de todos os cidadãos (Canavarro, 1999; Sá, 2008).

A existência de múltiplas definições de literacia científica e tecnológica, ou de alfabetização científica e tecnológica, com variações históricas do conceito, faz de literacia um conceito polissémico e complexo, não existindo consenso sobre um conceito particular de literacia (Martins, 2003, p. 20). Sustenta-se mesmo que os conceitos “*varían según la opinión de los diferentes autores*” (Membiela, 2002, p. 18), e que existem vários graus de literacia: “*there is no single level of skill or knowledge that qualifies a person as “literate, but rather that there are multiple levels and perhaps types of literacy*” (Wagner, 2005, p. 26).

Nas últimas décadas, associou-se literacia científica “*a la idea de hacer accesible, interesante y significativa la ciencia escolar, de dar más relevância al deseo, la necesidad y el interés de saber ciencia, y de propiciar el saber ciencia*” (Bonil et al., 2004, p. 7) e, como tal, esta preocupação constituiu o motor de várias reformas educativas (Membiela, 2002).

Analisando opiniões de peritos em didáctica das ciências sobre literacia científica, identificaram-se três as dimensões – conceptual, processual e afectiva de literacia: “*Una dimensión conceptual en la que se señala como elementos más citados la importancia del concepto de ciencia y el de relaciones entre ciencia y sociedad, una dimensión procedimental en la que se destacan como rasgos más relevantes la obtención y uso de la información científica, la aplicación de la ciencia en la vida cotidiana, la utilización de la ciencia para propósitos sociales y cívicos, y la divulgación comprensible de la ciencia al gran público, e una dimensión afectiva en la que se insiste en elementos como el aprecio a la ciencia y el interés por ella*” (Bonil et al., 2004, p. 8). Em relação ao grau de literacia científica dos indivíduos propuseram-se também três as dimensões (Martins, 2003): a compreensão de vocabulário básico relativo aos conceitos científicos, a compreensão da

natureza da ciência (normas e métodos da ciência) e, por último, a compreensão do impacto da ciência e da tecnologia nos indivíduos e na sociedade

Integrando princípios e recomendações de investigação pertinente (e.g. de investigadores em didáctica das ciências), consistentes com os da década da literacia (de 2003 a 2012) aprovada pelas Nações Unidas⁶, literacia científica e tecnológica é perspectivada como *“respuesta a cuestiones socioeconómicas, culturales y de autonomía personal; como elemento imprescindible para ver la utilidad de la ciencia y la tecnología en la vida cotidiana; como valor necesario para la participación social ante la toma de decisiones públicas relacionadas con la ciencia y la tecnología y como responsabilidad ética personal e colectiva”* (Bonil et al., 2004, p. 7).

Numa visão mais ampla, é imperativo promover literacia para alcançar as metas de erradicação da pobreza, redução da mortalidade infantil, abrandamento do crescimento da população, equidade na distribuição de bens, impulsionando desenvolvimento sustentável, paz e democracia (UNESCO, 2006).

Literacia científica e tecnológica dos cidadãos revê-se ainda na construção de indicadores de percepção pública da ciência e da tecnologia. Estes indicadores têm como objectivo sondar o estado da opinião pública relativamente ao interesse demonstrado para com a ciência e tecnologia, relativamente a diversos aspectos, por exemplo, financiamento público da ciência, confiança nas comunidades científicas, ou percepção dos riscos e benefícios associados à ciência e à técnica. Nesse âmbito, destacam-se os *“inquéritos aos portugueses (...) integrados nos estudos sobre as percepções dos europeus relativamente à ciência e à tecnologia (Eurobarometer, 2001), acompanhado nas últimas edições pelo Observatório das ciências e tecnologia, em Portugal”* (Martins, 2003, p. 24), ou os estudos PISA (Project for International Student Assessment), lançados em 1997 pela OCDE para monitorizar, de forma regular e numa perspectiva comparativa a nível internacional, os resultados dos sistemas educativos em termos de desempenho dos alunos (OECD, 1999).

Estudos com alunos portugueses, e.g. o estudo PISA de 2006, evidenciaram um nível de desempenho médio global em questões de literacia científica abaixo da média da OCDE (ME, 2007⁷). Os níveis de literacia dos estudantes portugueses estão, assim, *“abaixo dos desejáveis socialmente”* (Fonseca, 2002, p. 63). Para inverter esta situação, Fonseca (2002) propõe a abordagem de conteúdos CTS e desenvolvimento de trabalho laboratorial: *“a abordagem de temas integradores e de problemas sócio-científicos*

⁶ http://portal.unesco.org/education/en/ev.php-URL_ID=53811&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html [Online 10/06/06]

⁷ <http://trabalho.pratico://www.gave.min-edu.pt/np3/156.html> [Online 10/06/06]

facilitadora da responsabilização, motivação, curiosidade e reflexão por parte dos alunos”, e ainda *“a estratégia de trabalho laboratorial, (...) como uma forma de concretizar o ensino segundo o quadro conceptual aconselhado, o de ciência, tecnologia, sociedade – CTS”* (ibid., p. 63). Outros investigadores, designadamente, Bonil e colaboradores (2004), corroboram esta opinião ao afirmarem que a inclusão de inter-relações CTS no ensino e aprendizagem das ciências *“constituye la manera más sólida de afrontar el reto actual de la alfabetización científica y tecnológica”* ao auxiliar os alunos a *“tomar decisiones informadas y razonadas sobre problemas relacionados com la ciencia y la tecnologia en la sociedad y, por tanto, que les posibilite participar activamente como ciudadanos responsables”* (ibid., p. 8). Por outro lado, a inclusão de inter-relações CTS no ensino e aprendizagem das ciências pretende ainda contribuir para promover educação para o desenvolvimento sustentável, já que *“a aprendizagem de conteúdos científicos de forma enciclopédica, desligados das suas aplicações tecnológicas e das suas implicações económicas e socioculturais, ainda que apreendidos pelos alunos, pouco ou nada contribuem para a promoção de uma educação para o desenvolvimento sustentável”* (Figueiredo et al., 2004, p. 15).

Abordagens CTS partem do pressuposto de que a *“escola se deve interligar à sociedade, não só porque os alunos sentem a escola como uma parte importante da sociedade, mas também porque a aprendizagem acontece num quadro social e também porque a ciência possui um contexto social”* (Canavarro, 1999, p. 125). Contrariamente ao ensino tradicional de ciências, que *“remete a tecnologia para um plano secundário”*, abordagens CTS utilizam *“a tecnologia como factor de ligação entre a ciência e a sociedade, como uma aplicação da ciência que pode tornar o estudante mais habilitado a funcionar em sociedade, para compreender e ajudar a resolver determinados problemas sociais”* (Canavarro, 1999, p. 123).

Em contexto educativo, a inclusão de inter-relações CTS no ensino e aprendizagem das ciências tem sido, contudo, ignorada ou inadequadamente considerada (Canavarro, 1999; Fontes e Cardoso, 2006, Solbes e Vilches, 2004). Urge, por isso, envolver os professores de ciências em programas de formação que os orientem e preparem para integrarem inter-relações CTS nas práticas de ensino e aprendizagem de ciências. É importante, por exemplo, que os professores saibam explorar temas actuais de ciências com relevância social, como temas organizadores das actividades pedagógicas (Canavarro, 1999).

Os recentes desafios, designadamente englobados na Década da Literacia (2003 a 2012) e na Década da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (2005-2014), aprovadas

pelas Nações Unidas, reclamam dos professores de ciências, em geral, de biologia, em particular, práticas educativas inovadoras e passíveis de contribuir para que os alunos se tornem cidadãos informados, críticos, conscientes e capazes de entender e analisar o mundo intervindo na melhoria da sua qualidade de vida e das comunidades em que se inserem.

II.2.3. NATUREZA DAS CIÊNCIAS E REFLEXÕES EPISTEMOLÓGICAS RELEVANTES EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

A natureza das ciências (NCs) *“tem a ver com o como do saber científico, com a forma como os cientistas conhecem o que eles conhecem, ou seja, tem a ver com a forma como o cientista projecta, gera e usa os seus conhecimentos”* (Santos, 2001, p. 1). A NCs remete para a necessidade dos cidadãos mobilizarem o conhecimento científico, através das suas várias vertentes (substantiva, processual e epistemológica), em debates e na resolução de problemáticas de natureza sócio-científica, próprias da sociedade contemporânea (Santos, 2001). Em contexto educativo, desenvolver abordagens sobre a NCs visa propiciar melhores aprendizagens dos alunos numa perspectiva de melhores exercícios de cidadania: *“if we teach more rigorously about acids and bases, but do not tell students anything about the historical origins of these concepts or the economic impact of technology based on them, is the scientific literacy we are producing really going to be useful to our students as citizens?”* (Lemke, 2001, p. 300). De facto, abordagens sobre a NCs podem estimular melhores exercícios de cidadania na medida em que reflexões sobre a NCs podem contribuir para desenvolver a literacia científica dos alunos, orientando-os e preparando-os para exercerem, informada, coerente e responsavelmente a sua cidadania. Em particular, numa educação que se pretende equitativa e inclusiva, os programas de formação de professores devem envolver reflexões sobre a NCs como uma das dimensões vinculadas ao objectivo comum de se atingir a literacia científica para todos (Lemke, 2001) e, por conseguinte, como uma das dimensões essenciais da ciência escolar actual (Acevedo Díaz 2008, Vázquez-Alonso et al., 2007).

A formação de professores tem, contudo, descurado esta realidade (Cachapuz et al., 2002). Desde a década de 80, que vem sendo realçada a necessidade dos programas de formação de professores incorporarem reflexões sobre a NCs (e.g. Abrams, 2000; Gil Pérez, 1993; Mellado Jiménez, 2003). Estimular reflexão sobre a NCs, de actuais e futuros professores de ciências, capacitá-los-á para entenderem melhor *“que ciência*

estão a ensinar, [ajudá-los-á] na preparação e orientação a dar às suas aulas e [dar-lhes-á] um significado mais claro e credível às suas propostas” (Cachapuz et al., 2002, p. 62-63). Por outro lado, colocá-los-á a reflectirem sobre as perspectivas epistemológicas⁸ até ao momento adoptadas.

Reflexões como as referidas têm encaminhado, forçosamente, para uma necessária (re)conceptualização do ensino das ciências (Santos, 2001). Assim, tem-se sugerido que as propostas de actuação curricular se orientem “*no sentido de uma mudança de “concepção de ciência pura” para a “concepção CTS de ensino das ciências”*” (Santos, 2001, p. 15). Esta concepção CTS de ensino das ciências é uma concepção que: *i)* valoriza abordagens curriculares que não descuram a dimensão conceptual do currículo (educação “em” ciências), isto é, a aprendizagem do conhecimento científico em si, canónico e disciplinar; *ii)* valoriza a compreensão do que se entende por processos/métodos científicos utilizados na produção da ciência (educação “sobre” ciências) e simultaneamente, *iii)* promove aspectos formativos da educação científica, ao contribuir para a formação pessoal e social dos alunos (educação “pelas” ciências) (Santos, 2001, p. 13.).

Esta (re)conceptualização do ensino das ciências vê-se também enquadrada no “*novo ethos*” (Santos, 2001, p. 105) das ciências. A expressão “ethos” deve-se a Merton, e pretende englobar os aspectos que moldam a consciência cívica, que, no caso particular das ciências, envolve o “*conjunto de valores e de normas culturais que regulam a actividades chamadas científicas*” (*ibid.*). Ora, ao reconhecer-se um novo “ethos” nas ciências contemporâneas, está a reconhecer-se mudanças nos seus usos e costumes, da “*ciência clássica à ciência contemporânea*”, “*da ciência pura à ciência industrial*” (*ibid.*) o que, inevitavelmente, coloca aos professores o papel chave de se desfazerem dos “*mitos sobre a natureza do empreendimento científico*” (*ibid.*, p. 18). Entre os mitos acerca da NCs e da produção de conhecimento científico, destacam-se:

- i)* a consagração do método científico como “*método algorítmico, universal, geral e perene*” (Santos, 2001, p. 110);
- ii)* a identificação da ciência “*com experimentação como mera constatação ou verificação*” (*ibid.*);
- iii)* percursos em que se “*caminha sistematicamente dos factos para as ideias*” (Santos, 2001, p. 111);

⁸ Epistemologia pretende saber das características do que é ou não é específico da cientificidade e tem como objecto de estudo a reflexão sobre a produção de ciência, sobre os seus fundamentos e métodos, sobre o seu crescimento, sobre os contextos de descoberta (Cachapuz et al., 2002, p. 62)

- iv) uma visão monolítica em que *“o conhecimento científico é o nosso modo de conhecer o mundo e a observação científica é o nosso modo de olhar”* (ibid.);
- v) uma perspectiva *“de evidências cuidadosamente acumuladas resulta um conhecimento seguro e objectivo”* (ibid);
- vi) a ideia de que *“a história da ciência é feita por sábios geniais e exemplares”* (ibid);
- vii) a ideia de que *“a história da ciência é transparente, sequencial, linear e de tipo anedótico”* (Santos, 2001, p. 112); e que
- viii) a ideia de que *“o objecto de estudo das ciências naturais - a natureza é um substrato objectivo independente das produções humanas”* (Santos, 2001, p. 113).

Por último, reconhecendo-se que as concepções (ou mitos) que os professores possuem acerca de ciências têm implicações no modo como a ensinam (Fernandéz et al., 2002), o que imediatamente sobrevém é a necessidade de que estas concepções sejam diagnosticadas, se necessário (re)formuladas, de forma a que as práticas que se adoptem estejam em conformidade com visões mais adequadas das ciências (Fernandez, et al., 2002), contextualizadas e ligadas aos problemas do mundo (Solbes e Vilches, 2004). Paralelamente, na análise de temas envolvendo problemáticas sócio-científicas (e.g. toxicologia ambiental e/ou biotecnologia) com, e por, alunos-futuros professores, será interessante avaliar o grau de (re)formulação de concepções destes futuros professores acerca da NCs, *“dadas as eventuais repercussões nas suas práticas de sala de aula e nas concepções dos alunos acerca do que é a ciência”* (Reis e Galvão, 2005, p. 76).

II.2.4. BIOLOGIA E BIOTECNOLOGIA PARA O MUNDO CONTEMPORÂNEO E CURRÍCULO NACIONAL DO ENSINO BÁSICO

Como já foi salientado, biologia abrange múltiplos conhecimentos de impacto considerável na nossa sociedade, pois *“sempre que uma nova descoberta é apresentada pela comunicação científica e o mais recente avanço tecnológico é disponibilizado no mercado, ou sempre que, em qualquer parte do mundo, acontecem situações problemáticas e controversas”* (Chagas e Oliveira, 2005, p. 151), o público é impelido a participar e/ou a tomar decisões. A sua participação depende decisivamente do nível de conhecimentos acerca dos temas em discussão. Isto é, exige-se aos cidadãos conhecimentos actuais de ciências, em geral, biologia, em particular. E se por um lado, a biologia se subdivide em ramos de crescente especialidade (e.g. toxicologia ambiental) por outro, a investigação em biologia tem mudado radicalmente e, também ela tem sido fruto de uma profunda integração disciplinar (Chagas e Oliveira, 2005). Daí existirem diferentes designações *“para melhor traduzir a complexidade da biologia: ciências biológicas, ciências da vida”* (Chagas e Oliveira, 2005, p. 152), tendo-se optado neste trabalho pela designação biologia, *“por parecer ser a mais significativa no contexto educativo português”* (ibid.).

Estes aspectos reflectem-se na reorganização curricular do ensino básico de 2001 – Currículo Nacional do Ensino Básico (CNEB) - (DEB, 2001). Os *“períodos de reforma e reorganização (...) correspondem a um reajustar às necessidades de formação dos jovens, face às exigências da sociedade sempre em mudança, e de actualização científica e pedagógica”* (Chagas e Oliveira, 2005, p. 231). Algumas das ideias centrais que mais sobressaem na referida revisão curricular do ensino básico referem-se à interdisciplinaridade e integração das ciências, ao enfoque na abordagem cooperativa de temáticas do quotidiano, à formação para a literacia científica e para a cidadania, e à incidência na experimentação e investigação por parte dos alunos e professores como vias de construção do conhecimento (DEB, 2001).

No caso particular das Ciências Físicas e Naturais no Ensino Básico, o CNEB pretende que as temáticas se abordem de modo a promover o desenvolvimento de *“competências específicas para a literacia científica dos alunos no final do ensino básico (...) em diferentes domínios como o do conhecimento (substantivo, processual ou metodológico, epistemológico), do raciocínio, da comunicação e das atitudes”* (DEB, 2001, p. 132). Propõe para isso, um esquema organizador da disciplina de Ciências da Natureza que

permita *“uma tomada de consciência quanto ao significado científico, tecnológico e social da intervenção humana na Terra, o que poderá constituir uma dimensão importante em termos de uma desejável educação para a cidadania.”* (DEB, 2001, p. 134). Neste esquema, os conteúdos de ciências apresentam-se estruturados em quatro temas organizadores: “Terra no espaço”, “Terra em transformação”, “Sustentabilidade na Terra” e “Viver melhor na Terra” (DEB, 2001). Assim, o CNEB pretende que os alunos possam *“adquirir uma compreensão geral e alargada das ideias importantes e das estruturas explicativas da Ciência, bem como dos procedimentos da investigação científica, de modo a sentir confiança na abordagem de questões científicas e tecnológicas”* (ibid., p. 129).

Relativamente ao 2º ciclo do ensino básico, o CNEB apoia-se numa forte componente biológica (Chagas e Oliveira, 2005) e dois dos quatro temas organizadores: “Sustentabilidade na Terra” e “Viver melhor na Terra”, estão relacionados com áreas de biologia abordadas na presente investigação (biotecnologia vegetal e toxicologia ambiental). Em termos gerais, o CNEB expressa uma preocupação geral por questões científicas de cariz social, como, a crise planetária, *“o desaparecimento de florestas tropicais, a poluição do ambiente, a doença, a corrosão social, a desigualdade na distribuição de riqueza, o investimento na condução de guerras, o holocausto nuclear, a engenharia genética”* (Fonseca, 2002, p. 63).

Em particular, na abordagem do tema “Sustentabilidade na terra”, o CNEB sugere a planificação e implementação de acções visando a protecção do ambiente, a preservação do património e o equilíbrio entre a natureza e a sociedade. Já no tema “Viver melhor na Terra”, o referido documento propõe, entre outros aspectos, o reconhecimento de que o organismo humano está sujeito a factores nocivos, que podem colocar em risco a saúde física e mental, e propõe a planificação e implementação de acções visando compreender a importância da alimentação para o funcionamento equilibrado do organismo.

A exploração de conteúdos incorporando conhecimentos de biotecnologia, não sendo directamente proposta no CNEB, subjaz a algumas sugestões propostas para o 2º ciclo, quando se sugere especificamente, por exemplo, a importância de se reconhecer *“que a intervenção humana na Terra é fundamental para a obtenção dos alimentos e da energia necessária à vida”* (DEB, 2001, p. 142). Outros estudos, designadamente, os que incluem conhecimentos de toxicologia, relativos a contaminação de águas, solo ou seres vivos, estão pressupostos também em recomendações neste documento, por exemplo, relativamente à compreensão *“de como a intervenção humana na Terra pode afectar a*

qualidade da água, do solo e do ar, com implicações para a vida das pessoas” ou à criação de oportunidades para que os alunos realizem “actividades experimentais sobre as (...) propriedades físicas e químicas da água” (DEB, 2001, p.142).

Em termos de competências, no final da educação básica os alunos devem ter desenvolvido um conjunto de competências suportadas em valores radicados na *“construção de uma consciência ecológica conducente à valorização e preservação do património natural e cultural”* (DEB; 2001, p. 15), e no, *“conhecimento e compreensão suficientes para entender e seguir debates sobre temas científicos e tecnológicos e envolver-se em questões que estes temas colocam, quer para eles como indivíduos, quer para a sociedade como um todo”* (ibid., p. 129).

Entre as competências gerais pretendidas, o CNEB salienta a *“mobilização de saberes culturais, científicos e tecnológicos para compreender a realidade e para abordar situações e problemas do quotidiano”* (DEB, 2001, p. 17), sugerindo acções a serem colocadas em prática pelo professor, como *“rentabilizar as questões emergentes do quotidiano e da vida do aluno”* e *“organizar o ensino com base em recursos e materiais diversificados, dando a atenção a situações do quotidiano”* (ibid.).

Para desenvolver tais competências, o mesmo documento propõe o trabalho experimental como instrumento de ensino e aprendizagem de conteúdos de ciências (Santos, 2002). Contudo, apesar de propor trabalho experimental, este parece não ser o tipo de trabalho implementado, já que este se afigura *“muitas vezes monótono, do tipo receita, desenvolvendo-se apenas actividades manipulativas”* (Santos, 2002, p. 74). Ensina-se *“ciência para a memorização de factos e princípios, não para a aplicação dos mesmos”, “e muito menos ainda se ensina ciências para a análise crítica das implicações do uso da ciência e tecnologia, e para a formação de cidadãos socialmente responsáveis”* (Fonseca, 2002, p. 63)

Veiga (2000) realça que o CNEB propõe trabalho prático numa perspectiva orientada para a observação e inferência de resultados, não na de responder a problemas suscitados que incluam hipóteses a testar. Isto é, o tipo de trabalho prático proposto *“não (...) pretende pôr em causa a importância de uma observação cuidada e rigorosa durante a realização de trabalho prático. Só que a observação, para ter significado e valor, deverá inserir-se num quadro de conhecimentos anteriores e ser orientada por hipóteses”* (Veiga, 2000, p. 550). Nesta perspectiva o *“que faz falta hoje em dia nos currículos de ciências são actividades que proporcionem aos alunos conhecer como é que se chegou a determinado conhecimento. Como é que viemos a conhecer.”* (Costa, 1999, p. 43). Por exemplo, utilizar *“materiais de ensino-aprendizagem que não proporcionem o*

esclarecimento sobre o contexto (histórico, político, social, etc) sob como viemos a obter determinado conhecimento pode tornar difícil aos alunos perceberem que a ciência é uma actividade em que a mudança é um acontecimento normal no crescimento do conhecimento” (ibid.).

Importa pois, envolver os alunos “*em actividades investigativas (se possível laboratoriais), [proporcionar-lhes momentos para] (...) discutirem as suas ideias reflectindo sobre elas, e de as aplicarem noutras contextos e situações*” (Fonseca, 2002, p. 68).

Atente-se, no entanto, que apesar do CNEB propor algumas orientações de fundo e inovadoras, hoje reconhece-se que as reformas e mudanças curriculares estão destinadas ao fracasso se os professores não se envolverem nelas, não se identificarem com elas e não reconhecerem a necessidade de operarem essas mudanças (Cachapuz et al., 2002).

II.2.5. DESAFIOS PARA A FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS

II.2.5.1. Concepções epistemológicas e trabalho prático numa perspectiva investigativa

Na mobilização da componente epistemológica pelos docentes transparecem diferentes posturas (Praia e Marques, 1997) que influenciam as suas concepções e práticas de ensino e aprendizagem de ciências. Constata-se “*uma relação entre crenças e práticas em sala de aula*” (Sanches e Jacinto, 2004, p. 169), prevalecendo a perspectiva epistemológica tendencialmente “*empirista/indutivista*” nas representações dos professores, a qual perspectiva o trabalho prático de natureza experimental, como um “*meio de recolha de dados ou informações factuais*”, em detrimento da perspectiva epistemológica construtivista, a qual encara o trabalho prático como uma actividade de carácter investigativo (Sanches e Jacinto, 2004, p. 169).

Numa revisão de literatura no âmbito da formação de professores, efectuada por Chagas e Oliveira (2005) destaca-se a ideia de que há fortes relações entre as concepções epistemológicas dos professores e o papel atribuído ao trabalho experimental, bem como entre estas concepções e as práticas de sala de aula relativas a este tipo de actividade. A título de exemplo, estas autoras mencionam que num dos trabalhos analisados,

envolvendo três professores participantes, *“dois mostraram uma tendência para perspectivar o trabalho experimental como meio de recolha de dados/informações factuais o que é revelador de uma concepção, acerca do modo como a ciência se constrói, essencialmente empirista/indutivista. Contudo, o terceiro professor, possuidor de uma formação teórica actualizada e consentânea com as correntes epistemológicas contemporâneas, interpretava as actividades experimentais como actividades de carácter investigativo”* (Chagas e Oliveira, 2005, p. 190). Um outro estudo analisado por estas autoras também evidenciou concepções *“acerca do trabalho laboratorial, consentâneas com princípios indutivistas, (...) que se traduziam em práticas de descoberta envolvendo a observação guiada de determinados fenómenos seguida de generalização”* (ibid.).

Em suma, este e outros estudos evidenciam que *“existe uma relação entre as concepções de natureza epistemológica dos professores acerca da ciência e o modo como concretizam o trabalho prático nas suas aulas”* (Sanches e Jacinto, 2004, p.192). Embora as concepções epistemológicas tenham tendência a esbater-se *“à medida que os professores progridem em termos profissionais e possuem mais idade, tornando-se mais conformes ao modelo veiculado pelos manuais escolares”* (Sanches e Jacinto, 2004, p. 169), são as concepções epistemológicas empiristas/indutivistas que continuam a prevalecer e a influenciar a forma como os professores encaram o trabalho experimental (Sanches e Jacinto, 2004). Veiga (2000) reforça este ponto de vista, afirmando que *“o que vulgarmente sucede é que a epistemologia empirista e o quadro da psicologia behaviorista se repercutem no(s) modelo(s) de trabalho prático em sala de aula, concebido(s), sobretudo, como actividade centrada na ilustração, verificação ou “descoberta” de conceitos, a partir de fenómenos observados ou de factos fornecidos pela experiência, o que reforça a visão da ciência como um conjunto coerente e organizado de conhecimentos que interpretam o mundo em que vivemos”* (ibid., p. 546).

Trabalho prático numa perspectiva investigativa é o que se apresenta mais de acordo com as correntes epistemológicas contemporâneas. Colocar *“os alunos perante situações-problema, cuja resposta, não conhecida, exige o planeamento de actividades, justifica-se por uma maior aproximação à natureza da actividade científica e pela promoção do desenvolvimento da imaginação, da capacidade de sistematização, reflexão e análise, da capacidade crítica e da consciencialização sobre os limites das conclusões”* (Veiga, 2000, p. 548). Qualquer que seja a designação adoptada (e.g. trabalho prático de cariz investigativo, actividade prática de cariz investigativo, trabalho investigativo ou actividade investigativa), este tipo de actividades são as que permitem desenvolver

reflexões sobre a natureza das ciências e de empreendimentos científicos. Ao invés, actividades práticas do tipo demonstrativo ou de verificação não exigem tais reflexões e muito menos veiculam na prática a natureza de empreendimentos científicos (Miguéns e Serra, 2000). As actividades práticas de tipo investigativo permitem ainda *“um desenvolvimento mais holístico dos alunos”* (Miguéns e Serra, 2000, p. 556) ao proporcionarem o *“desenvolvimento de competências mais diversificadas e de nível mais elevado”* (Veiga, 2000, p. 547).

No entanto, por ainda serem consideradas actividades inovadoras, a sua concepção, implementação e avaliação requerem abordagens intencionais, cuidadas e reflectidas: *“teachers need to see (...) that children may not develop understanding of scientific inquiry and of scientific concepts by a simple transmission approach”* (Crawford, 2007, p. 638). Os alunos-futuros professores ao serem envolvidos neste tipo de trabalho prático devem, por conseguinte, reflectir sobre as suas concepções epistemológicas, reconhecerem-nas e, se necessário, (re)formularem-nas, de forma a que não venham a constituir um obstáculo ao desenvolvimento deste tipo de trabalho no futuro com os seus alunos.

II.2.5.2. Aprender investigando, investigar para aprender

“O papel da investigação no quadro dos processos de formação (inicial e contínua) de professores constitui, desde os finais dos anos 60, uma questão central” (Afonso e Canário, 2002, p. 51). Assim, na **secção 2.5.2.1.** discute-se sobre aprender investigando, investigar para aprender em educação ciências, na **secção 2.5.2.2.** “Para quê investigar?” no actual contexto de em educação em ciências para o mundo contemporâneo e na **secção 2.5.2.3.** analisa-se o papel da investigação na construção de conhecimento científico, em processos de (auto)formação docente.

II.2.5.2.1. Investigação em educação em ciências

Há algumas décadas a investigação era encarada *“como uma estratégia para tornar os professores competentes para, por um lado, colaborar com os investigadores e, por outro, para poderem “consumir” e “aplicar” os resultados dessa investigação”* (Afonso e Canário, 2002, p. 51). O professor simplesmente participava dessa investigação. Recentemente, ao professor é exigido que seja, simultaneamente, investigador e professor. Isto é, requer-se que desenvolva investigação e a articule com a sua formação (*ibid.*).

O conceito de professor investigador goza, por conseguinte, de uma pertinência plenamente actual na realidade educativa existente (Alarcão, 2001a). *Com efeito, “o professor, longe de ser um mero executor de orientações pré-programadas, deverá ser um intérprete crítico dessas orientações, exigindo-se-lhe “que seja ele a instituir o currículo, vivificando-o e co-construindo-o com os seus colegas e os seus alunos”* (Afonso e Canário, 2002, p. 52).

Como é assinalado por Segovia Pérez (1997), *“la primera función de la investigación educativa es la de evitar que el trabajo del profesor sea meramente reproductor y en la medida en que sea posible se convierta em un trabajo productor de cultura, creador de la misma o, en todo caso, “re-creador” de ella”* (Segovia Pérez, 1997, p. 229). Por isso, a investigação educativa deverá constituir um objectivo prioritário de todos os programas de formação de professores (Segovia Pérez, 1997).

De um conjunto de relatórios de avaliação externa respeitantes a 34 instituições de ensino superior, no período entre 1997 e 2000, Afonso e Canário (2002) assinalam que a interacção entre a formação e a investigação está longe de uma solução satisfatória, constitui, mesmo, um ponto crítico. Esta conclusão fundamenta-se, como referem os autores, não tanto naquilo que é dito nos relatórios, mas principalmente, na ausência de preocupações relativamente à problemática da investigação (Afonso e Canário, 2002). Isto é, a inclusão de actividades de cariz investigativo *“nos cursos de formação de professores pode ser entendida como “mais uma matéria” que se incorpora, através de mais uma “disciplina” que forma para a investigação”* (Afonso e Canário, 2002, p. 52). A relutância dos professores em articularem a investigação e a sua formação relaciona-se, sobretudo, com a resistência que oferecem à análise crítica das suas práticas, incluindo não quererem assumir que não efectuem qualquer reflexão sobre as suas práticas

(Solbes et al., 2004). Os professores querem *“soluciones fáciles inmediatas, como (...) los procedimientos de control del aula, que la investigación didáctica no proporciona”* (Solbes et al., 2004, p. 107), esquivando-se de cumprirem algumas das exigências requeridas em trabalho investigativo, e.g. *“dedicación de tiempo y esfuerzo,”* (ibid.).

Não obstante, a investigação *“aparece resenada y recomendada en casi todos los documentos y orientaciones que se presentan desde las más variadas instancias, cuando se habla de mejora y calidad en cualquier etapa de tramo educativo”* (Pozueles e Travé, 2004, p. 8), e integra os currículos escolares de muitos países (Miguéns, 1999; Miguéns e Serra, 2000). Dadas as características das sociedades presentes e do que se prevê para as futuras, dado *“o rápido crecimiento de conocimiento disponible, (...) e [a necessidade dos alunos desenvolverem] competencias de pensamiento necesarias para adquirir, seleccionar e procesar información dentro de um maior campo de conocimiento”* (Santos, 2002, p. 69), a investigação experimental surge como a estratégia mais apropriada para os alunos desenvolverem o pensamento (Santos, 2002).

Não é provável, contudo, que os alunos aprendam a investigar só porque participam em trabalhos investigativos (Miguéns e Serra, 2000). É necessário também ensinar a investigar. Isto é, pretendendo promover-se a investigação *“es necesario que el alumnado la viva en su experiencia formativa, que vaya más allá de la mera información, que participe en actividades concretas en las que pueda reflexionar y moverse con autonomía”* (Pozuelos e Travé, 2004, p. 23). Para isso, a própria preparação dos professores tem de se basear numa formação, *“experiencial, investigativa e reflexiva”* (Fonseca, 2002, p. 68). Assim, *“os professores deverão vivenciar, em contexto de formação, processo idêntico ao que se preconiza para os alunos, nomeadamente no que se refere à aprendizagem experimental-investigativa”* (Chagas e Oliveira, 2005, p. 247). Por exemplo, os futuros professores devem integrar-se em actividades de aprendizagem que envolvam a *“reflexão sobre estudos de caso (situações de ensino), excertos de artigos científicos e de ensino das ciências, segmentos de entrevista com professores de ciências e de artigos de investigação em educação científica”* (Fonseca, 2002, p. 68).

Cabe à disciplina de Didáctica das Ciências o papel de preparar o futuro professor *“para um ensino numa perspectiva de trabalho científico, isto é, um ensino integrado num processo de aprendizagem construtivista, cooperativa e metacognitiva”* (Fonseca, 2002, p. 62).

Como testemunho da sua importância para a educação em ciências actual, o nº 52 da revista *Alambique* dedica-se exclusivamente ao tema “Ensinar e aprender investigando” considerando a investigação escolar como *“una de las opciones más interesantes y*

prometedoras para una actuación docente consistente com el conocimiento didáctico vigente: la posibilidad de enseñar y aprender ciencias investigando” (Cañal, 2007, p. 5). Este número apresenta um conjunto de iniciativas curriculares, de propostas, experiências, reflexões e trabalhos recentes (e.g. Projectos: “2061”, “La Main à la Pâte”, “Pollen”, “Scienceduc”, ou “Investigando nosso mundo”) onde a investigação escolar é encarada como estratégia de ensino ou de formação de professores (Cañal, 2007).

Em síntese, importa que as ciências sejam aprendidas através de um ciclo de aprender a investigar, de forma a investigar para aprender (Pozuelos e Travé, 2004). Só assim os alunos poderão desenvolver competências de investigação e de argumentação, tais como justificar uma conclusão ou criticar argumentos de outros, além de dominarem conceitos e conteúdos (Almeida, 2000a). Ou seja, importa que desenvolvam competências cognitivas, vinculadas à construção e justificação de conhecimento científico (Santos, 2002) e, simultaneamente, desenvolvam a sua literacia científica.

II.2.5.2.2. “Para quê investigar?” no actual contexto de educação em ciências para o mundo contemporâneo

Actualmente, em educação em ciências, parece pertinente colocarem-se diversas questões: Investigar para quê? Que questões investigar? De âmbito planetário? Emergentes do quotidiano? Que incorporem e/ou envolvam conhecimentos actuais de toxicologia e biotecnologia?

Vilches et al. (2004), num estudo intitulado “*A actual crise planetária. Uma dimensão esquecida na educação em ciência*” (que envolveu a análise de 127 manuais do ensino secundário e de 158 artigos, publicados entre 1992 e 1998 em 15 revistas de educação, bem como o questionamento de 327 professores em serviço e 521 em formação, envolvidos em cursos de educação em ciência desde 1997 a 2000, de Espanha, Portugal e alguns países da América Latina), referem que quando se pensa em “*problemas e desafios relacionados com o futuro da humanidade, o objectivo principal assinalado por peritos é definir, o melhor possível, as bases de um desenvolvimento sustentável*” (Vilches et al., 2004, p. 62). No entanto, em contexto de formação de professores, escasseiam as referências a desenvolvimento sustentável ou à sustentabilidade (Vilches et al., 2004). Ainda assim, uma elevada percentagem de professores de ciências assinalam “*a poluição ambiental, o abuso dos recursos naturais e a destruição da*

biodiversidade entre os maiores problemas que a humanidade encara” (Vilches et al., 2004, p. 63), não referindo outros *“como o desregulado crescimento e a desordem urbanística”* (*ibid.*). Os professores também não reconhecem que é o crescimento populacional desregulado que gera os problemas anteriores (Vilches et al., 2004).

Ainda segundo os mesmos autores, *“uma abordagem holística do mundo requer mais do que um simples diagnóstico dos problemas, é também necessário que os professores estudem as soluções possíveis para a crise planetária, de forma a auxiliarem os alunos a explorarem vias alternativas e a participarem em acções que conduzam a actuações específicas”* (Vilches et al., 2004, p. 65). Para a (re)solução dos problemas relacionados com o futuro será necessário, por isso, implementar três medidas, designadamente, tecnológicas, educacionais e, políticas (*ibid.*). As medidas tecnológicas permitirão dar prioridade a tecnologias que aumentem a produtividade dos recursos, mais do que incrementar a capacidade de extracção (Vilches et al., 2004). Por exemplo, a biotecnologia, ao incrementar a produtividade dos alimentos, ao intervir em acções de protecção ambiental, e ao reduzir a produção de resíduos pelo tratamento dos mesmos poderá servir de base para tecnologias a implementar. Contudo, os mesmos autores alertam para os inúmeros problemas éticos que tecnologias como estas acarretam e, por conseguinte, é necessário proporem-se medidas educativas adequadas. Estas vêm reforçar a necessidade de *“uma educação que contribua para uma correcta percepção do estado do mundo e prepare os cidadãos para a tomadas de decisões”*, e para o desenvolvimento de *“atitudes responsáveis e comportamentos orientados para um desenvolvimento físico e culturalmente sustentável”* (Vilches et al., 2004, p. 66). Já anteriormente Praia et al. (2001) expressaram que se deve evitar que os alunos continuem a ser educados *“como se não houvesse uma emergência planetária”* (Praia et al., 2001, p. 39). Por último, as medidas políticas que Vilches et al. (2004) propõem visam adoptar *“normas e políticas planetárias capazes de evitar a degradação ambiental geral e controlar a degradação do meio”* (Vilches et al., 2004, p. 67).

Cada cidadão tem de estar preparado para os desafios do futuro, para as mudanças decorrentes dos avanços das ciências e da tecnologia: *“The more challenging and technologically advanced are the human projects and/or the prospective solutions, the more profound and extensive are the possible interferences with the natural systems”* (Colucci-Gray et al., 2006, p. 232.)

Para fazer face a estes desafios, foi criado no país vizinho uma disciplina “Ciências para o mundo contemporâneo”, que pretende proporcionar meios para que os estudantes entendam *“que en una sociedad tecnológicamente avanzada la ciudadanía debe estar en*

condiciones de debatir cuestiones de interes social relacionadas com la ciencia y la tecnologia, formarse una opinión fundada sobre ellas y participar en la toma de decisiones” (Pedrinaci, 2006, p. 10). Ainda no quadro da recente reformulação da lei orgânica de Espanha, propõe-se que os programas de formação de professores de ciências abordem temáticas científicas controversas (Albe, 2006), salientando-se que a sua exploração *“debe ir acompañado de una formación sobre la naturaleza de las ciencias, sobre el análisis de la manera en la que se producen los hechos científicos en una comunidad y, en concreto, sobre el papel de la controversia en dicha colaboración”* (Albe, 2006, p. 103).

A situação portuguesa não é excepção e alguns estudos têm sido desenvolvidos no âmbito da formação inicial de professores que, directa ou indirectamente, envolvem temas científicos com impacto social (e.g. Chagas e Oliveira, 2005). Não se pretendendo aqui fazer uma análise detalhada dos diversos estudos experimentais neste âmbito, optou-se por recorrer à revisão de Chagas e Oliveira (2005).

Nesta revisão, as autoras analisaram algumas teses, artigos de investigação e actas de conferências, publicadas no âmbito da educação em ciências, e destacam alguns trabalhos que se relacionam com temáticas sócio-científicas, particularizando aqueles que *i)* exploram controvérsias científicas, *ii)* se centram numa abordagem CTS, *iii)* recorrem a temáticas de biologia para uma exploração proveitosa de abordagens CTS, *iv)* relacionam as metodologias de trabalho e a abordagem de temas actuais de ciências, e *v)* têm enfoque em temáticas que directamente reportam à sustentabilidade ou aos desafios futuros das ciências e tecnologias. Na generalidade, nenhum dos trabalhos analisados por estas autoras desenvolve expressamente reflexões sobre os temas de ciências mais relevantes em educação em ciências. Alguns trabalhos salientam as potencialidades das controvérsias como contexto para *i)* *“o desenvolvimento de competências de raciocínio”* (Chagas e Oliveira, 2005, p.170); *ii)* a construção e compreensão de conhecimentos sobre os novos avanços na área da biotecnologia e da genética, *iii)* o estabelecimento de inter-relações com a sociedade, *iv)* a estruturação e desenvolvimento do pensamento, e a *v)* *“motivação dos alunos, (...) na estimulação do pensamento e da interacção social”* (*ibid.*).

Outros estudos, igualmente analisados por estas autoras, onde se pretendeu promover a discussão numa vertente bioética sobre temáticas envolvendo os transplantes, a fertilização *in vitro* e o aborto, evidenciaram a relevância que a discussão e a tomada de decisões sobre temas controversos têm por poderem promover *“a reflexão crítica, a*

argumentação e o posicionamento pessoal face aos problemas estudados” (Chagas e Oliveira, 2005, p.175). Referindo-se a outro estudo, as autoras salientam que o autor dá relevância à *“tomada de decisão suportada pela discussão de questões controversas da actualidade (...) [porque tem] efeitos na valorização, pelos alunos, da sua imagem acerca da ciência e na promoção de atitudes responsáveis e socialmente intervenientes”* (ibid.). Em suma, estas autoras reconhecem que a discussão de questões controversas contribui para desenvolver nos alunos um maior interesse e motivação pelas ciências, para promover o pensamento científico: *“incorporating controversial issues and science and technology conflicts is a recommended method for enhancing student's interest, motivation and improving their system thinking”* (Dori et al., 2003, p. 769) e melhores aprendizagens (Albe, 2006, Figueiredo et al., 2004, Sadler, 2004).

Como exemplo de trabalhos centrados numa abordagem CTS, embora não especificando quer o grau de inclusão das inter-relações CTS, quer o interesse das temáticas abordadas, Chagas e Oliveira (2005) realçam aqueles que asseguram que *“o currículo CTS veio preencher um espaço deixado vago nos currículos tradicionais pretendendo desenvolver a responsabilidade social na tomada de decisão colectiva no que diz respeito a questões relacionadas com a ciência e a tecnologia”* (Chagas e Oliveira, 2005, p. 176). Mencionam também outros trabalhos que afirmam que um ensino de orientação CTS promove *“uma visão mais adequada acerca da ciência, uma aquisição de conhecimentos e, principalmente, o desenvolvimento de competências, suscitando atitudes positivas em relação à aprendizagem”* (Chagas e Oliveira, 2005, p. 181).

Quanto ao contributo de temáticas de biologia para uma exploração proveitosa de abordagens CTS, esta revisão salienta trabalhos que se desenvolveram no intuito de aprofundar temáticas de biologia *“não só na sua dimensão biológica mas, fundamentalmente, nas interacções que implicam com as outras ciências, a tecnologia e a sociedade”* (Chagas e Oliveira, 2005, p. 182). Já no âmbito de metodologias de trabalho prático e sua relação com temas actuais de ciências, as autoras salientam que as actividades laboratoriais, envolvendo temas inovadores, geralmente complexos (e.g. extracção de ADN), são aquelas que permitem desenvolver competências, sobretudo, as de domínio afectivo, tornando *“mais reais os fenómenos biológicos, para além de despertarem o interesse pela biologia”* (Chagas e Oliveira, 2005, p. 187).

Relativamente à análise de trabalhos com enfoque em temáticas que directamente reportam à sustentabilidade ou aos desafios futuros das ciências e tecnologias, as autoras citadas expressam que nenhum dos trabalhos revistos se confronta directamente

com questões de sustentabilidade. Por último, numa análise final, as autoras reflectem sobre os assuntos de biologia que é importante conhecer, e sobre a necessidade dos programas de formação de professores os contemplarem, visando preparar os alunos para os desafios do futuro (Chagas e Oliveira, 2005).

Em suma, com um currículo fortemente apoiado em inter-relações CTS e pelo relevo que é dado às questões controversas e/ou temas das ciências contemporâneas (Acevedo, 1998), os programas de formação de professores devem apoiar os alunos-futuros professores neste novo enfoque que contemple inter-relações das ciências e da tecnologia com o meio natural e social e, no caso do presente estudo, de biologia com a sociedade. Tais programas poderão contribuir para os alunos, enquanto cidadãos, actualmente e no futuro, participarem em debates e na tomada de decisões em torno de dilemas e/ou controvérsias (Fernández et al., 2002).

II.2.5.2.3. Investigação em processos de (auto)formação docente

A intenção das reformas educativas tem sido a de *“melhorar os níveis escolares dos alunos, o que implica uma maior dedicação e saber-fazer profissional por parte dos professores”* (Day, 2001, p. 116).

Ao professor é exigido que apresente *“disposição e capacidade (...) para se dedicar ao estudo do seu próprio modo de ensino e para testar a eficácia das suas práticas educativas”*, propondo-se-lhe maior autonomia (Arends, 1995, p. 526). Tal exigência torna-se, todavia, difícil quando a realidade sócio-educativa é complexa e diversificada. Consequentemente, há que conceber os percursos de formação como um momento privilegiado para a implementação de estratégias que proporcionem, a cada professor, meios para a percepção de si como profissional e educador (Gonçalves e Simões, 1991). O reconhecimento das suas perspectivas pessoais permitirá construir uma visão acerca de si próprio, do seu papel como agente activo do processo educativo, estimulador do desenvolvimento dos alunos, bem como dos aspectos menos benéficos que influenciam o seu desempenho profissional. Consequentemente, o professor poderá tomar consciência de que as suas competências para a docência obedecem a uma evolução e implicam um reajustar à crescente complexidade do contexto educativo (*ibid.*).

Atendendo a estas circunstâncias, o professor tem de estar preparado para investir numa formação dinâmica, permanente e aberta à mudança, à inovação das suas práticas, e à cooperação com outros profissionais na planificação de estratégias, métodos, recursos, etc, de ensino e aprendizagem de ciências, *e.g.* professores e/ou investigadores com uma larga experiência em formação de professores (Cañal, 2007).

A investigação-acção (Suárez Pazos, 2002) ao propiciar diferentes tipos de reflexão é uma das estratégias indicadas para alcançar estes propósitos. Permite a cada professor consciencializar-se progressivamente *"de sus concepciones, actitudes y de su prácticas de aula al enseñar su matéria específica"* (Mellado Jiménez, 2003, p. 353), e a partir daí, ter a possibilidade de auto-regulá-las, (re)estruturá-las e *"ir desarrollando su modelo didáctico personal"* (ibid.). O professor pode, assim, ampliar os seus conhecimentos sobre a prática e melhorar o seu desempenho profissional (Day, 2001).

Em suma, promover a *"apetência para autoformação e para a formação permanente"* (Esteves e Rodrigues, 2003, p. 43) requer que os programas de formação inicial de professores estimulem os alunos-futuros professores de ciências a:

- Desenvolverem um espírito de abertura, de comunicação e de iniciativa (Martins, 1991) essencial à auto-aprendizagem ao longo da vida, *e.g.* participação em programas de formação contínua, de investigação;
- Assumirem-se como investigadores individuais e colaborativos, investigando *"ao mesmo tempo que mantêm o compromisso de melhorar a sua prática"* (Day, 2001, p. 64).

A possibilidade de ensinar e aprender ciências investigando constitui *"una de las opciones más interesantes y prometedoras para una actuación docente consistente con el conocimiento didáctico vigente."* (Cañal, 2007, p. 5).



CAPÍTULO III

METODOLOGIAS

III.1. TRABALHO PRÁTICO NOS PROCESSOS DE AUTOFORMAÇÃO E DE FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES

III.1.1. CONCEPÇÕES DE TRABALHO PRÁTICO

Em trabalho prático utilizam-se várias designações, como, actividades práticas, trabalho prático, trabalho laboratorial ou trabalho experimental (Santos, 2002).

No presente estudo, optou-se, em geral, pela designação trabalho prático (TP). Exceptuam-se as situações em que se referem ideias expressas noutros estudos, optando-se aí pela designação utilizada pelos próprios autores, no sentido de, tanto quanto possível, se manter a sua perspectiva.

Relativamente ao significado, considera-se que TP abrange trabalho de campo, actividades laboratoriais, experimentais, resolução de exercícios ou de problemas de papel e lápis, utilização de programas de simulação, pesquisa na internet, e/ou realização de entrevistas, incluindo, assim, quaisquer actividades *“que exigem que o aluno esteja activamente envolvido”* (Leite, 2000, p. 91). Por sua vez, designa-se por trabalho laboratorial (TL) o que inclui as actividades que envolvem a utilização de materiais de laboratório, sendo realizadas no laboratório ou numa sala normal em condições de segurança, ou ainda em espaços exteriores à escola - *“os materiais de laboratório também podem ser utilizados em actividades de campo, as quais têm lugar ao ar livre e em que os fenómenos acontecem ou os materiais existem”* (Leite, 2000, p. 91). Para trabalho experimental (TE) adopta-se também a caracterização de Leite (2000), ou seja, aquele que envolve controlo e manipulação de variáveis. Este pode ser laboratorial (e.g. estudo controlado de variáveis na taxa de crescimento de plantas), de campo (e.g. estudo do efeito da sazonalidade no crescimento de plantas em campo) ou de outro tipo.

Por último, investigações em contextos educativos podem requerer actividades práticas diversas desenvolvendo-se em percursos investigativos (PIs). Estes podem considerar-se conjuntos articulados de *“actividades de resolução de problemas que exigem que seja o aluno a descobrir uma forma de resolver o problema que lhe foi colocado ou que ele próprio gerou”* (Leite, 2000, p. 95). Em PIs, portanto, mais do que encontrar uma resposta certa e/ou tomar decisões, importa explicar como algo funciona e utilizar essa compreensão, por exemplo, para prever fenómenos (Santos, 2002).

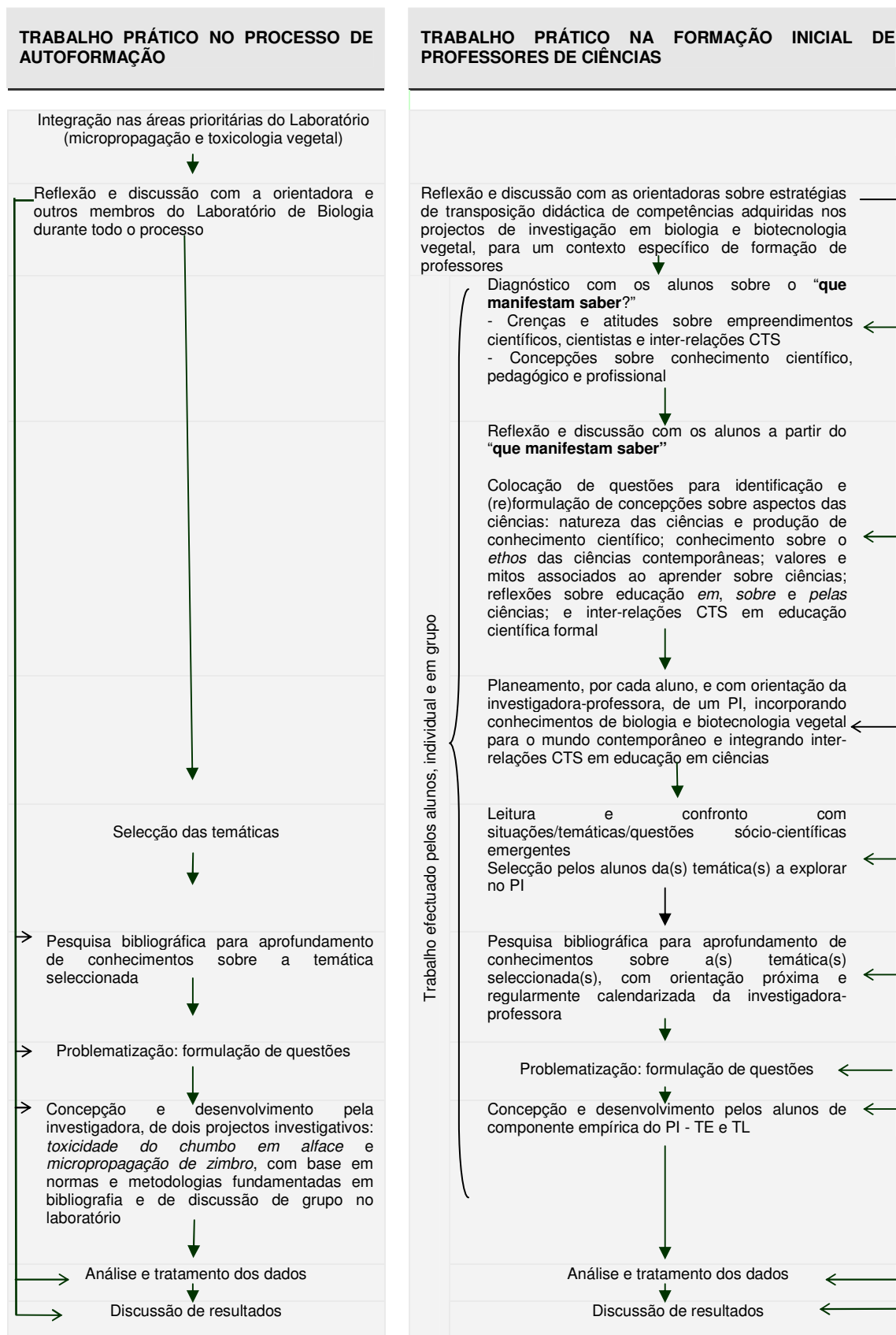
O eixo estruturante do presente estudo foi, naturalmente, PIs e a autora assumiu, simultaneamente, o papel de investigadora e de professora, sustentando-se na ideia de que *“a investigação é intrínseca ao exercício profissional do professor e corresponde a competências que permitem, não apenas reproduzir os modelos investigativos académicos, mas também investigar na acção e ser capaz de partilhar resultados e processos com os outros, nomeadamente os colegas”* (Alarcão, 2001a, p. 24).

O presente estudo envolveu duas etapas distintas de TP, a primeira desenvolvida nos laboratórios de Biotecnologia e Citómica Vegetal do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro, doravante designado Laboratório de Biologia (**Etapas I**) e a segunda numa Instituição de Ensino Superior de formação de professores, inserida numa disciplina específica de Didáctica das Ciências da Natureza II, doravante designada Didáctica das Ciências (**Etapas II**). Os processos envolvidos numa e noutra fase reflectem as diferenças próprias das áreas de conhecimento envolvidas, desde a planificação (Tabela III.1.) à implementação e avaliação.

Relativamente à **Etapas I**, quando a investigadora iniciou a sua autoformação em biologia e biotecnologia vegetal, no Laboratório de Biologia, definiu (conjuntamente com as orientadoras) as temáticas e concebeu dois projectos investigativos que lhe interessava explorar, dentro das linhas prioritárias de investigação desse Laboratório, construindo conhecimento a partir de normas e metodologias fundamentadas em pesquisa bibliográfica e discussão com os grupos pertinentes do laboratório.

Para preparar o percurso investigativo (PI) a desenvolver com, e pelos seus alunos, sob sua orientação, a investigadora-professora precisou de se envolver em reflexão noutras dimensões e com forte interacção teoria-prática. Nesse âmbito, a mobilização de competências adquiridas na **Etapas I** para a intervenção a desenvolver com, e pelos, alunos-futuros professores (**Etapas II**), foi feita a partir de um conjunto de reflexões epistemológicas em que se baseou o desenvolvimento de PIs de natureza empírica (Tabela III.1.1.).

Tabela III.1.1. Esquematização dos TP investigativos relativos a autoformação e à formação inicial de professores no âmbito de Didáctica de Ciências – explicitação de aspectos em que se reconhece paralelismo entre estes processos.



Esquematizados paralelismos e salientados alguns aspectos distintos entre os percursos investigativos relativos a autoformação e à intervenção desenvolvida em formação inicial de futuros professores de Ciências, descrevem-se as metodologias utilizadas nos dois projectos da **Etapa I**: *Toxicidade do chumbo em alface* e *Micropropagação de zimbro* e dos percursos investigativos concebidos, planeados e desenvolvidos na **Etapa II**, no âmbito de uma disciplina de Didáctica de Ciências, inserida no curso de licenciatura em Ciências da Natureza e Matemática, 2º Ciclo do ensino básico.

III.2. AUTOFORMAÇÃO EM BIOLOGIA E BIOTECNOLOGIA

III.2.1. INTRODUÇÃO

Num contexto educativo geral, as instituições ou centros de investigação de ciências físicas e naturais constituem ambientes propiciadores de construção do conhecimento sobre determinada área das ciências. Igualmente, propiciam o desenvolvimento de competências do “saber fazer”, ou seja, competências técnicas, destrezas requeridas para adequada utilização e manipulação de materiais e realização de processos. Nestes locais, a preocupação é, para além de, aprofundar conhecimentos dos fenómenos naturais, divulgar informação científica ou simplesmente verificar ou demonstrar processos, criar contextos para se responder às seguintes questões: *“Como se processa a construção de novo conhecimento?”* e *“Como se sabe aquilo que se sabe?”*.

É nestes locais que se realizam projectos científicos, desenvolvendo trabalho colaborativo, discussão, partilha de ideias e (re)construção de conhecimentos. Estes complexos processos incluem, naturalmente, a concepção e operacionalização de PIs, ou seja, a problematização, construção, contextualização e testagem de hipóteses, recolha de dados e (re)definição de estratégias para operacionalização de novas hipóteses. Igualmente importante, é articulação com a (re)construção de conhecimento e o desenvolvimento de competências noutros âmbitos, designadamente em contextos educativos, formais ou não formais, num processo de retroalimentação contínua. Conhecimento científico e sociedade interagem em função de prioridades sociais, políticas e económicas, embora esta realidade não pareça suficientemente consciencializada pelos investigadores em geral. Se por um lado, estes são actores privilegiados na construção do conhecimento científico público, por outro, muitas vezes, mantêm, ou até alimentam, estereótipos e imagens das ciências dissonantes do “ethos” das ciências contemporâneas: *“their views are not necessarily consistent with any particularly philosophical position, nor do any patterns emerge to suggest a predictable relationship between NOS views and science discipline* (Schwartz e Lederman, 2007, p. 762).

No âmbito da interacção conhecimento científico-sociedade, a biologia e a biotecnologia têm adquirido particular projecção desde há aproximadamente três décadas, dado o impacto de alguns avanços técnicos e científicos a vários níveis, como na saúde, alimentação, e ambiente, implicando também grandes questões éticas. Estes avanços

científicos/tecnológicos têm ainda favorecido um maior investimento de investigação em vários campos de biologia e biotecnologia.

Atendendo a esses aspectos, a secção seguinte (**secção 1.2.**) apresenta dois projectos investigativos: *Toxicidade do chumbo em alface* e *Micropropagação de zimbro* (ver Figura I.1., p. 10), ambos realizados no Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro.

Estes projectos integram, por sua vez, o TP e investigativo desenvolvido no processo de autoformação (**Etapa I**).

III.2.2. CONCEPÇÃO E OPERACIONALIZAÇÃO DO TRABALHO PRÁTICO DE AUTOFORMAÇÃO

III.2.2.1. Toxicologia ambiental

III.2.2.1.1. Contextualização

No último século assistiu-se a uma deterioração contínua do ambiente biofísico a uma escala global, problema que continua. A título de exemplo, pode referir-se a “*lixiviação dos solos e a contaminação dos rios e das águas subterrâneas da Europa continua a ocorrer devido à utilização de adubos orgânicos e minerais e de pesticidas*” (EEA, 2005, p. 5).

Além da utilização de adubos orgânicos e minerais e de pesticidas, o uso de materiais não biodegradáveis e a falta de instalações adequadas para a separação e armazenagem de resíduos a reciclar faz com que se produza cada vez mais desperdícios e, com isso, haja uma menor qualidade de vida (EIBE, 2000⁹).

Estes problemas ambientais constituíram notícia e também motivo de preocupação por parte de vários países, como por exemplo a expressa na Conferência da Organização das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro em Junho de 1992. Conferências como esta trouxeram a público questões como o impacto do desenvolvimento económico e social no ambiente e alertaram ainda para a mobilização de medidas no sentido de resolver estas questões.

⁹ <http://www.ipn.uni-kiel.de/eibe/UNIT16EN.PDF> (Online 11 Abril de 2006)

Em particular, foi reconhecida a urgência de, por um lado, encontrar um equilíbrio entre as exigências sociais e económicas, e por outro, preservar os recursos naturais dos quais os sistemas sociais e económicos dependem – estratégia para alcançar o desenvolvimento sustentável.

O interesse em aprofundar os conhecimentos acerca da interdependência entre os sistemas que sustentam a vida no planeta, e os recursos naturais de que depende a humanidade, passou a ser o centro das preocupações das diversas esferas científicas, sociais, políticas, económicas, e/ou ambientais.

De um modo global, toxicologia de acordo com a SOT¹⁰ compreende o estudo “*the adverse effects of chemical, physical or biological agents on living organisms and the ecosystem, including the prevention and amelioration of such adverse effects*”.

Especificamente, a toxicologia ambiental estuda os efeitos de contaminantes tóxicos libertados para o ambiente, normalmente por causas antrópicas, nos seres vivos (como elementos integrantes do ecossistema). Estes contaminantes, também designados componentes xenobióticos, são substâncias que não são produzidas pelos organismos existentes nesse meio (e.g. produtos industriais, metais pesados, drogas terapêuticas, aditivos de alimentos, compostos inorgânicos).

Em particular, devido à acção humana, e.g. agrícola e industrial, os contaminantes (e.g. metais pesados) tem aumentado a sua presença nas águas e solos (Connell, 2005). Como consequência, as alterações que tem produzido na composição de águas/solos, tem levado a modificações noutros factores abióticos e bióticos, e afectado, em maior ou menor escala, o equilíbrio do ecossistema. Neste sentido, a toxicologia ambiental, ao estudar os efeitos de contaminantes no ambiente, ao estudar a ocorrência natural dessas substâncias na água, ar, e terra e nos seres vivos/cadeia trófica, e ao usar essa informação para prever níveis seguros de exposição, passa a ter um papel crucial no desenvolvimento de mecanismos de protecção do ser humano e dos restantes seres vivos (SOT) (Figura III.2.1.).

¹⁰ <http://www.toxicology.org/ai/eo/education.asp> (Online 11/04/06)

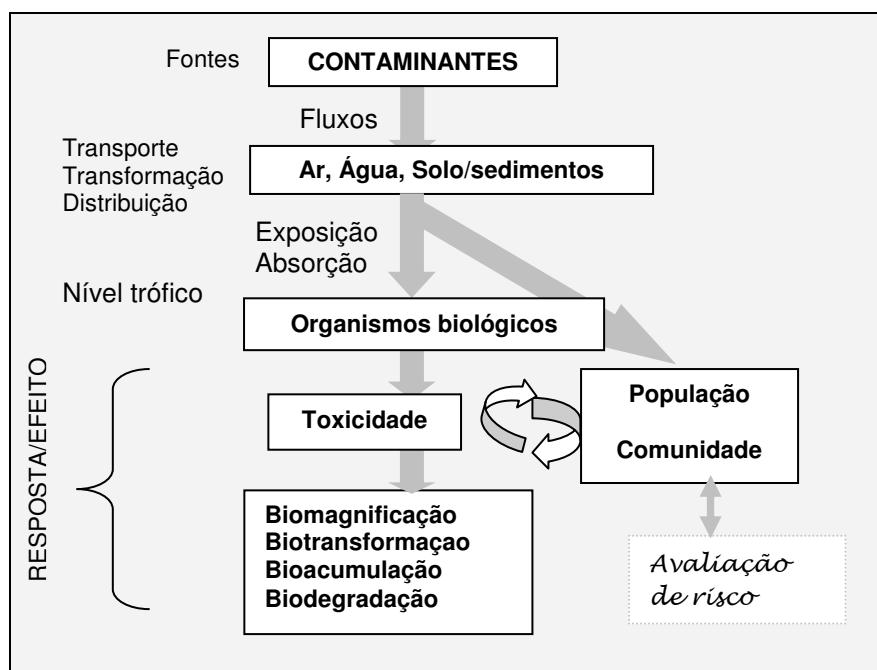


Figura III.2.1.: Esquema sumário do fluxo de contaminantes num ecossistema

Os metais pesados são, entre os elementos químicos do solo, os que se acumulam progressivamente nos sedimentos e na água, pois a sua extracção, de uma forma natural, é extremamente limitada (Hunter et al., 1987). Por exemplo, o chumbo libertado por automóveis é um contaminante muito comum de solos de áreas urbanas (Connell, 2005).

Assim, a acumulação de metais pesados no solo ou água – mesmo em concentrações vestigiais – pode conduzir *a posteriori*, à sua biomagnificação ao longo das cadeias tróficas, à biotransformação, bioacumulação ou, ao invés, à biodegradação. Estas respostas/efeitos conduzem a estudos de investigação para avaliação de risco para a saúde pública e para o ambiente (Connell, 2005) (Figura III.2.2.).

Finalmente, saliente-se que as plantas são um valioso indicador das condições ambientais de um ecossistema, não só, do seu nível de risco ambiental, como das prováveis repercussões que terá na restante comunidade biótica (herbívoros e carnívoros). Isto porque, sendo organismos imóveis, extremamente dependentes do solo e da água envolventes, e estando normalmente na base da cadeia alimentar, qualquer alteração/stress que sofram repercute-se por todo o ecossistema (Figura III.2.2.).

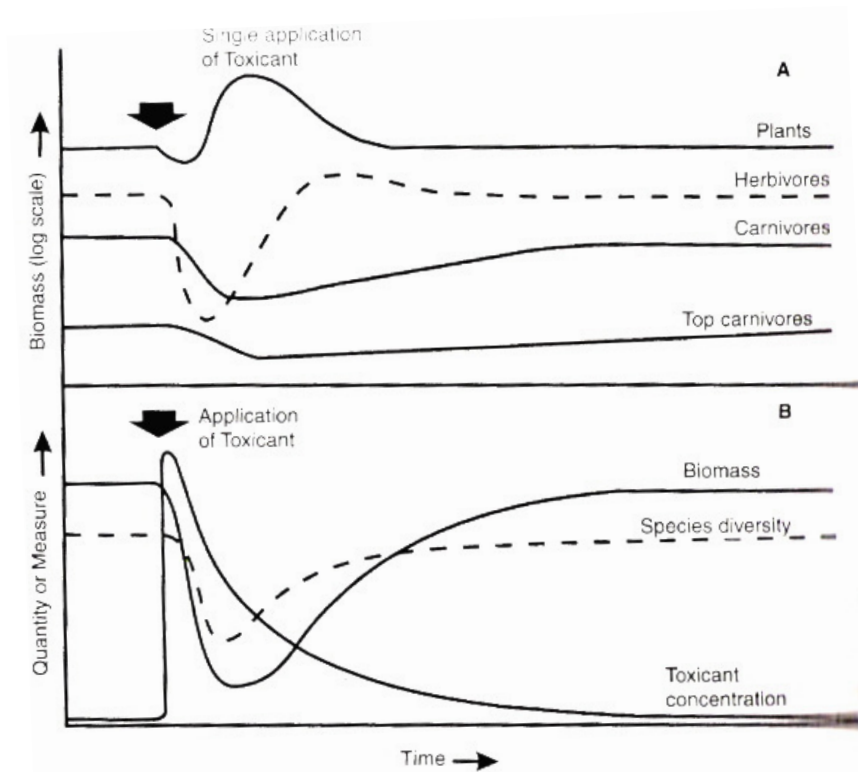


Figura III.2.2.: Repercussões da presença de um contaminante nos organismos de uma comunidade biótica (extraído de Connell, 2005, p. 430)

Descreve-se, em seguida, o projecto *Toxicidade do chumbo em alface*, um estudo de caso de contaminação por chumbo, de uma espécie vegetal, *Lactuca sativa* (alface), de grande consumo na dieta humana.

III.2.2.1.2. Toxicidade do chumbo em alface

III.2.2.1.2.1.Contextualização

Apesar de não ser um elemento comum nas águas naturais, o chumbo (Pb) tem estado associado a problemas de intoxicação, devido ao facto de ser introduzido facilmente no ambiente a partir de uma série de processos e produtos humanos, tais como: plásticos, tintas, gasolina e explosivos, pigmentos, metalurgia, exposição a lamas de esgotos municipais enriquecidas com chumbo e, em certos países, resultante de extracção de minérios (Chaney e Ryan, 1994).

Apesar das recomendações da UE para limitar a utilização de chumbo, a tendência é para os níveis de Pb não baixarem num futuro próximo (Yang et al., 2000). Muitos autores (*e.g.* Johnson e Eaton, 1980) salientam que os solos contaminados podem causar um acentuado decréscimo na produtividade das culturas colocando sérios problemas à agricultura.

O Comité Científico Europeu para a toxicologia e ambiente (CSTEE, 2000) entre os parâmetros de avaliação dos efeitos adversos dos contaminantes (incluindo metais como o chumbo) no ambiente, inclui a análise da produção de biomassa vegetal e a análise da acumulação de compostos tóxicos na, e ao longo, da cadeia alimentar (Loureiro et al., 2006).

Vários estudos defendem o uso de plantas vasculares em toxicologia/ecotoxicologia, uma vez que são versáteis, sensíveis e fiáveis na avaliação dos efeitos destes contaminantes nos solos e no delineamento de processos de remediação (Seregin e Ivanov, 2001). Contudo, os testes usualmente recomendados em estudos de risco ambiental focam-se principalmente em avaliações não específicas, como taxas de sobrevivência ou de crescimento de plantas (ISO 1995, OECD 2003). Não obstante, estes dois parâmetros são somente uma consequência de respostas primárias (mais sensíveis e frequentemente mais específicas) ocorridas a nível bioquímico/metabólico e que, eventualmente, culminam com a redução do crescimento e/ou senescência das plantas, e inclusive com a sua morte. Por exemplo, Loureiro et al. (2006) e Monteiro et al. (2009) utilizaram parâmetros bioquímicos/metabólicos para avaliar a indução prematura de senescência em plantas expostas a solos contaminados com metais, conjuntamente com parâmetros de crescimento. Estes autores observaram que os parâmetros bioquímicos/metabólicos utilizados apresentavam uma sensibilidade igual ou superior aos parâmetros morfológicos recomendados (*e.g.* sobrevivência e crescimento das plantas). A indução de senescência prematura nas plantas causada pela exposição a solos contaminados por metais pesados está também bem documentada (Seregin e Ivanov, 2001). Esta senescência pode ser quantificada através de:

- 1) Mudanças acentuadas no crescimento, *e.g.* “peso fresco” (PF), “peso seco” (PS), comprimento da raiz e da porção aérea (Wang, 1987), associadas a alterações morfológicas, *e.g.* clorose e necrose de órgãos;
- 2) Desequilíbrios na capacidade de osmorregulação (geralmente associada a alterações nos conteúdos hídrico e de osmorreguladores) e na acumulação/partição de macro e micronutrientes, sendo este último parâmetro, frequentemente,

dependente da competição entre o metal contaminante e outros iões/nutrientes (Lin e Kao, 1998; Santos et al., 2001);

3) Alterações de outros parâmetros bioquímicos/metabólicos dos quais se destaca:

3.1. Stress oxidativo – através da quantificação de, por exemplo, radicais livres, peroxidação lipídica, (e.g. quantificação do malondialdeído, MDA), análise de perfis proteicos, ou medição de enzimas com acção antioxidante (e.g. Smirnoff, 1993);

3.2. Outros parâmetros – conteúdo e/ou fluorescência de clorofilas (Farooq e Farooque., 2006; Gallego et al., 1996, Luna et al., 1994, Salama et al., 1994, Moustakas et al., 1997), ou modificação de perfis proteicos (e.g. quantificação de proteínas solúveis) (e.g. Kura-Hotta et al., 1987).

No caso do chumbo, as conexões entre estes parâmetros permanecem, até agora, especulativas e exigem confirmação por estudos investigativos, de forma a descreverem-se algumas das mudanças em cascata induzido pelo chumbo nas plantas. Estes estudos permitiriam, assim, não só melhorar o entendimento da interacção entre as plantas e o chumbo, bem como seleccionar eventuais biomarcadores em estudos de toxicologia dentro da Avaliação de Risco Ecológico (ARE).

Com estes propósitos, pretendeu analisar-se o efeito da exposição a solos contaminados por chumbo em plantas de *Lactuca sativa* L., atendendo a que plantas desta espécie têm grande impacto na alimentação humana e são, por sua vez, recomendadas como modelos de estudo para testes ISO (ISO, 1995).

Descrevem-se a seguir metodologias adoptadas.

III.2.2.1.2.2. Materiais e métodos

Material vegetal utilizado e condições de cultura: Sementes de alface (*Lactuca sativa* L. cv. Reine de Mai) foram germinadas em perlite regada com uma solução nutritiva de Hoagland.

Após 5 semanas, três grupos de plantas (n= 30 para cada grupo) foram colocadas numa estufa a $22\pm 2^\circ\text{C}$, com uma intensidade luz de $480\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (lâmpadas de 36 W Osram) e um fotoperíodo de 12h (luz), e expostas a dois tratamentos com chumbo (12,5 e 125,0 mg de chumbo L^{-1}) por rega com uma solução obtida dissolvendo nitrato de chumbo na

solução nutritiva de Hoagland (pH=5,8). Como controlo, um grupo de plantas foi colocado a crescer sob as mesmas condições, na ausência de chumbo.

Ao fim de 1, 7 e 15 dias determinaram-se os seguintes parâmetros de crescimento: peso fresco (PF), peso seco (PS) e comprimentos da raiz e da porção aérea ($n \geq 3$). Determinaram-se ainda alterações no conteúdo hídrico, na osmolalidade, na acumulação de nutrientes ($n=3$), modificações no conteúdo de proteínas solúveis ($n=3$), alterações nos níveis de peroxidação através da produção de malondialdeído (MDA) ($n \geq 3$) e, finalmente, alterações no conteúdo em clorofilas ($n \geq 3$) com um parâmetro de medição das alterações associadas à fotossíntese (Figura III.2.3., p. 76).

Porções aéreas e raízes de *L. sativa* foram colhidas e o material vegetal pesado imediatamente após colheita para obtenção do peso fresco (PF), e em seguida foi colocado em estufa a 70 °C até estabilização do peso, para determinação do peso seco (PS). O conteúdo hídrico foi calculado pela diferença entre PF e PS.

Para análise do conteúdo de nutrientes elementares (B, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P e Zn) e de chumbo, amostras de peso seco de raiz e das porções aéreas foram tratadas de acordo com Evans e Bucking (1976) e a concentração dos elementos foi determinada por “Induced Coupled Plasma Spectroscopy” (Jobin Ivon JY70 Plus), de acordo com Santos e Caldeira (1999).

Para determinação do nível de peroxidação lipídica mediu-se, em amostras frescas de raiz e de porções aéreas, o conteúdo em malondialdeído (MDA), um dos produtos resultantes da peroxidação lipídica nos tecidos (Dietz et al., 1997). O MDA foi determinado através da reacção com o ácido tiobarbitúrico (TBA), segundo o método descrito por Dhindsa e Matowe (1981). O nível de peroxidação lipídica, expresso em $\text{nmol g}^{-1} \text{PF}^{-1}$ de MDA formado foi determinado utilizando um coeficiente de extinção a 532 nm de $155 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ (Dhindsa e Matowe, 1981).

Para a quantificação de clorofilas (clorofilas totais, clorofila a e clorofila b) utilizou-se o método de Arnon (1949) nas porções aéreas, após maceração em solução aquosa a 80% em acetona.

Para a quantificação das proteínas solúveis ($\text{mg g}^{-1} \text{PF}$) utilizou-se o método de Bradford (1976) usando um “Micro protein Kit” (Catalog nº 610, Sigma Diagnostics, 1998) nas porções aéreas e raízes.

Para determinação da osmolalidade (mOsmol Kg^{-1}), porções aéreas ou raízes foram previamente congelados a -30°C, sujeitos depois a 2 ciclos de congelação (a -30°C

durante 2 a 4 horas) e descongelação rápida (a 35°C durante 15 minutos), centrifugados a 10 000g (3 minutos) e, por fim, o sobrenadante foi recolhido e diluído para um volume total de 200 µL para determinação da osmolalidade utilizando-se o osmómetro (KNAUER A0300),

Tratamento estatístico: Em todas as análises utilizou-se pelo menos 3 amostras ($n \geq 3$). Para tratamento estatístico dos dados utilizou-se o teste One Way ANOVA, ou o teste “Kruskal-Wallis One Way Anova on Ranks” para situações em que os dados não se apresentavam distribuídos normalmente (Zar, 1996). O método Dunnett ou o método do Dunn foram aplicados quando necessário para determinar exactamente que grupos eram diferentes ($P < 0,05$).

As correlações entre alguns parâmetros analisados foram executadas depois dos resultados normalizados pelo teste de Correlação de Pearson. Todo o procedimento estatístico foi executado usando o Sigma Stat for Windows version 3.1, SPSS Inc. USA. Na Figura III.2.3. apresenta-se o esquema geral da estratégia utilizada nos ensaios de toxicidade do Pb em *Lactuca sativa* L.

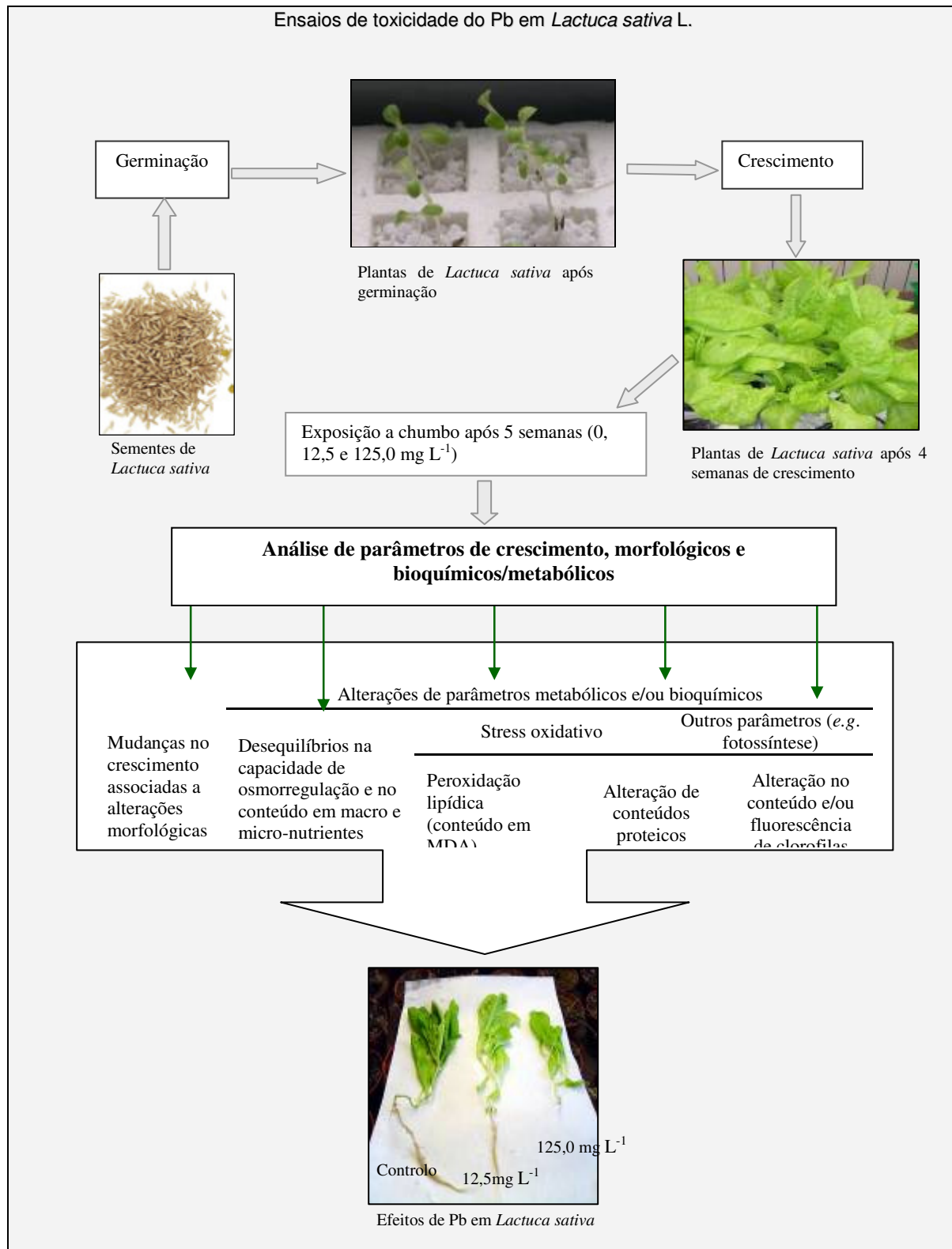


Figura III.2.3. Esquematização da estratégia utilizada nos ensaios de toxicidade do chumbo em *Lactuca sativa* L.

III. 2.2.2. Biotecnologia – clonagem vegetal

III. 2.2.2.1. Contextualização

“Biotechnology provides important tools for the sustainable development of agriculture, fisheries and forestry and can be of significant help in meeting the food needs of a growing and increasingly urbanized population” (comunicado da FAO, 15 Março de 2000)¹¹.

De acordo com dados da FAO (2000), a produção agrícola cresceu a um ritmo lento na década de 90 do século passado (aproximadamente 1,8 % ao ano), conduzindo a que o crescimento demográfico ultrapassasse as reservas alimentares agrícolas.

Esta situação resultou, e resulta, de algumas limitações designadamente, (i) restrições na disponibilidade de recursos naturais provenientes do solo ou água – motivadas em grande parte pelas alterações climáticas e pela redução de área de solo agrícola –; (ii) políticas de mercado e (iii) restrições na biodiversidade, *e.g.* a criação de genótipos melhorados pelo método clássico tem sido demasiado lenta para enfrentar as exigências da sociedade (Altman, 1999). Saliente-se ainda a recente deslocação de recursos alimentares para biocombustível.

No entanto, os recentes avanços em biotecnologia vegetal, em particular na área agro-alimentar, abrem perspectivas para se ultrapassar/minimizar alguns dos problemas acima referidos, nomeadamente restrições na produção agrícola. Assim, a biotecnologia vegetal, em particular a propagação *in vitro*, a transformação genética e a manipulação de processos bioquímicos, *e.g.* para aumento de produção de compostos secundários, alteraram o cenário de utilização e de aplicação das plantas em três áreas importantes:

1. Controlo do crescimento e desenvolvimento das plantas, onde se destaca a propagação vegetativa (clonagem) *in vitro* em larga escala e o melhoramento genético (recorrendo a haploides, híbridos somáticos e/ou transgénicos);
2. Protecção das plantas contra agentes de stress biótico e abiótico, onde se destacam trabalhos no campo da aquisição de resistências a agentes fitopatogénicos ou ainda estudos de tolerância a contaminantes do solo, *e.g.*

¹¹ http://www.fao.org/WAICENT/OIS/PRESS_NE/PRESSENG/2000/pren0017.htm, www.fao.org/biotech. [Online 04/03/06]

metais, com perspectivas, por exemplo, de fitorremediação, (e.g. utilização de estudos de fitorremediação com o género *Thlaspi*).

3. Produção de alimentos e extracção e/ou produção de substâncias, nomeadamente, metabolitos secundários¹², que têm larga utilização como produtos farmacêuticos, aditivos alimentares, fragrâncias, ou ainda na indústria agro-química, (e.g. insecticidas).

Relativamente à propagação vegetativa de plantas, o termo “clonagem”, actualmente já incorporado no quotidiano das pessoas, em geral, significa a produção de indivíduos geneticamente idênticos à planta mãe. Clone deriva etimologicamente do grego *klón*, que quer dizer “broto” e pressupõe, portanto, a existência de um indivíduo progenitor, e a ocorrência de reprodução assexuada (Atlan et al., 2001).

Dentro da propagação vegetativa, a clonagem *in vitro* de plantas, também conhecida por micropropagação, utiliza fragmentos de tecidos/orgãos de plantas, de pequenas dimensões (designados explantes) e tem-se revelado uma técnica de enorme importância prática para actividades agrícola, florestal, horticultura, bem como, para a investigação biológica, em geral.

Genericamente, a micropropagação inicia-se com a inoculação do explante num meio de cultura adequado, em ambiente asséptico e em condições de luz (intensidade e fotoperíodo) e temperatura controladas. O explante, sob as condições controladas já referidas, adquire capacidade morfogénica (directa ou indirecta) e origina novas plantas que possuem a mesma informação genética da planta mãe (Oliveira, 2000).

Assim, mediante técnicas de cultura *in vitro* de tecidos é possível multiplicar rapidamente plantas com as seguintes vantagens:

- A partir de um indivíduo de elevado valor genético pode obter-se milhares de descendentes num ano (*ibid.*);
- A multiplicação é feita fora das condições ambientais externas (Collins e Edwards, 1998) e, por isso, as plântulas obtidas estão isentas de pragas e doenças, como se posteriormente se explicará;
- Com subculturas sucessivas adquire-se um rejuvenescimento do material vegetal, aumentando, assim, a sua produtividade em 20-30% (*ibid.*);

¹² Este metabolitos não são produzidos para exercer funções fisiológicas como no caso dos compostos primários (e.g. aminoácidos) mas servem de interface química entre o que a planta produz e o seu ambiente.

- É possível a propagação rápida de uma nova variedade, ou de uma espécie vegetal ambientalmente em risco, ou a multiplicação de plantas nas quais a propagação sexual é difícil (Oliveira, 2000).

Em termos práticos, a micropropagação de plantas aproveita as potencialidades de: 1) meristemas previamente existentes, *e.g.* cultura de segmentos nodais/apicais ou 2) de meristemas adventícios (ver Figura III.2.4.).

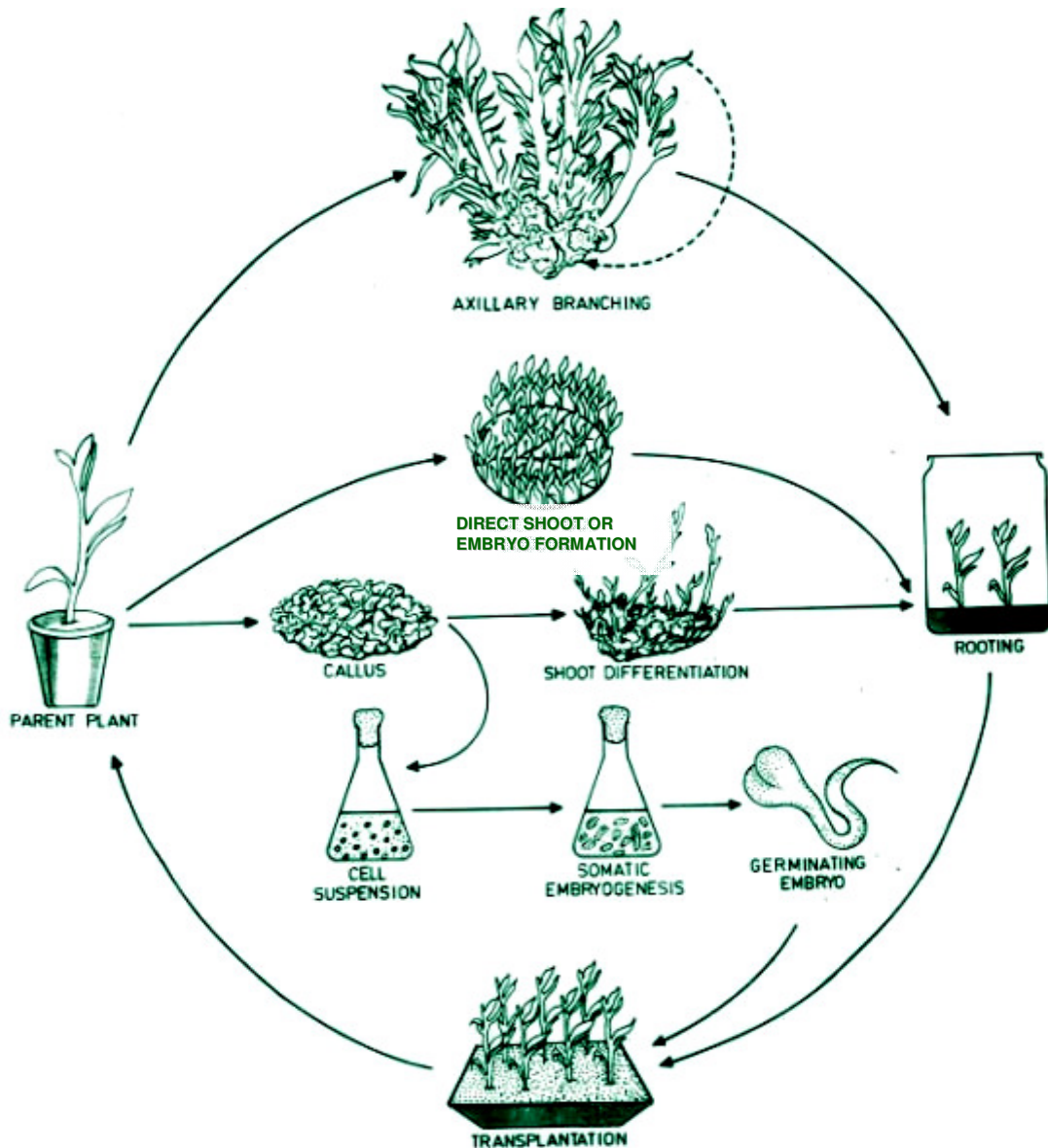


Figura III.2.4.: Esquema ilustrativo de técnicas de micropropagação de plantas. <http://dbtmicropropagation.nic.in/faqs.htm>.

Existem outros processos de regeneração *in vitro* de plantas, como os que ocorrem por sementes ou de embriões zigóticos, por cultura de anteras ou por cultura de grãos de pólen, ou ainda, mais raramente, por cultura de ovários.

Relativamente ao processo de regeneração de plantas a partir de meristemas adventícios, este ocorre em locais onde, à partida, não existem ou escasseiam zonas meristemáticas, como é o caso de tecidos de entrenós, folhas, cotilédones ou zonas de alongamento da raiz.

Este processo de regeneração efectua-se por duas vias: a directa – sem produção intermédia de *callus* –, e a indirecta – a partir de *callus* e culturas de células (ver Figura III.2.4.). Quer na via directa, quer na via indirecta, podem ocorrer duas formas de regeneração: a organogénese – formação de raízes e rebentos – e a embriogénese somática – formação de embriões somáticos – (ver Figura III.2.4.).

Em geral, a micropropagação depende do genótipo da planta-mãe do seu estado de maturação, do tipo de explante utilizado (Murashige, 1974), assim como das condições de cultura. Para Hu e Wang (1983), a utilização de explantes com grandes dimensões é preferível, uma vez que estes são manuseados mais facilmente e apresentam também uma maior taxa de sobrevivência e de crescimento. No entanto, quando a eliminação viral não é o objectivo, a cultura de gomos apicais e axilares é preferível à cultura de meristemas (Van Zaayen et al., 1992).

No trabalho presente, será abordada apenas a propagação de plantas por cultura *in vitro* de gomos axilares e apicais, a partir dos meristemas pré-existentes. Esta estratégia de micropropagação é utilizada com sucesso na clonagem *in vitro* de plantas (“true-to-type”) de muitas espécies ornamentais e lenhosas (*e.g.* Capelo e Santos, 2003; Loureiro et al. 2007; Pinto et al., 2004) e explora a capacidade de regeneração natural de plantas, a partir de meristemas axilares e/ou apicais pré-existentes. Para isso, e de uma forma sumária, estes meristemas são tratados com fitorreguladores para interromper a sua dormência, sendo depois, em condições adequadas de cultura, induzidos a produzir rebentos/porções aéreas (“shoots”). Estas são em seguida, separadas e algumas são enraizadas para originar plantas, num ciclo completo de micropropagação, como a seguir se descreve. Outras podem ser mantidas em cultura (multiplicação) e usadas assim como stock (com subseqüentes repicagens para meios de cultura frescos) e posterior regeneração.

A necessidade da colocação rápida no mercado de plantas de ciclo de vida longo, geralmente arbóreas e arbustivas, seleccionadas após longos períodos de melhoramento genético, faz deste tipo de multiplicação uma alternativa eficaz à propagação tradicional de plantas. Além disto, as vantagens decorrentes da manutenção de plantas, em grandes quantidades, dentro de frascos e em laboratórios, protegidas dos ataques das pragas, doenças e intempéries, são indiscutíveis (Collins e Edwards, 1998), complementando as técnicas convencionais, *e.g.* enxertia.

Comparativamente com outras formas de micropropagação, a regeneração de plantas a partir de meristemas pré-existent é uma técnica mais eficaz e rápida na obtenção de plantas. Dada a simplicidade desta técnica, a ocorrência de variação somaclonal é também, em geral, inferior à verificada noutras vias de regeneração mais complexas.

Normalmente, num ciclo completo de micropropagação existem cinco fases, não correspondendo necessariamente a um ciclo temporal (Hartman et al. 1997, Rice et al. 1992):

1 - Fase 0: Preparação e pré-tratamentos da planta-mãe

Nesta fase, é importante que, na preparação e pré-tratamento da planta-mãe da qual se extraem os explantes, se tenha em consideração a espécie, idade e o estado fitossanitário da planta-mãe, e se apliquem, se necessário, tratamentos para quebrar a dormência de certos órgãos (Rice et al., 1992).

2 - Fase I: Estabelecimento das culturas

Nesta fase, os explantes devem ser transferidos para condições *in vitro*, livres de qualquer fonte de contaminação microbiana. Para isso, o material vegetal deve ser previamente desinfectado, e todos os utensílios e meios de cultura devem ser esterilizados.

3 – Fase II: Propagação

Nesta fase, o objectivo é obter taxas de multiplicação elevadas na produção de rebentos ou porções aéreas. A cultura onde é realizada a multiplicação deve conter todos os

componentes necessários ao desenvolvimento dos rebentos, como macronutrientes, micronutrientes, vitaminas, aminoácidos, fontes de carbono, reguladores de crescimento e, no caso de cultura em meio sólido, agentes gelificantes do meio de cultura.

O doseamento adequado de reguladores de crescimento, como auxinas, citocininas, giberelinas, ácido abscísico e/ou etileno é importante para cada etapa de desenvolvimento do material vegetal. Por exemplo, as citocininas são normalmente adicionadas quando se pretende quebrar a dormência dos gomos axilares (Gaspar et al., 1996). Aos meio de cultura são ainda adicionados (de acordo com o objectivo pretendido), i) uma fonte de carbono (como hidratos de carbono) uma vez que os explantes são induzidos a tornarem-se heterotróficos/mixotróficos, ii) um suporte físico para acondicionar e melhor posicionar os explantes (pela adição de um agente solidificante ao meio de cultura, *e.g.* agar, gelrite), iii) substâncias adicionais com papel importante na morfogénese *in vitro*, *e.g.* poliaminas e, se necessário, iv) compostos com acção antioxidante, *e.g.* carvão activado, ácido ascórbico.

Na micropropagação a partir da cultura de gomos axilares ou apicais, observa-se que, quer os gomos apicais (mais rápidos a responder), quer os gomos axilares, respondem satisfatoriamente *in vitro* (Collins e Edwards, 1998). Inicialmente, a resposta dos gomos em meio de cultura é lenta, designando-se esta fase inicial de fase “lag” (Figura III.2.5.), para depois se apresentar rápida, até à obtenção de rebentos aptos para serem enraizados.

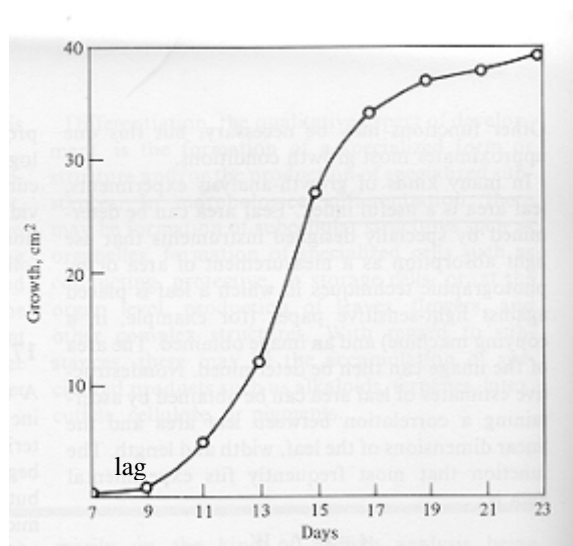


Figura III.2.5.: Curva típica de crescimento de culturas *in vitro* (adaptado de Ting, 1982).

4 – Fase III: Enraizamento e regeneração de plantas

Nesta fase o objectivo é enraizar os rebentos obtidos na fase anterior, colocando-os em meios propícios.

A formação de raízes requer, normalmente, a aplicação de auxinas exógenas como reguladores de crescimento (Gaspar et al., 1996), mas outros factores podem igualmente influenciar a rizogénese, como, por exemplo, a concentração de carboidratos, a presença de reguladores de crescimento (*e.g.* giberelina) ou dos seus inibidores, ou a adição de carvão activado.

5 – Fase IV: Aclimatização

Nesta fase o objectivo é a sobrevivência e crescimento adequado das plantas quando transplantadas das condições *in vitro* para as estufas ou para o campo. Por conseguinte, esta fase implica a adaptação das plantas a um novo ambiente. Este caracteriza-se, em geral, por menor humidade relativa (pelo que o desenvolvimento da cutícula e a funcionalidade do estomas são cruciais para a sobrevivência da planta), maiores níveis de luz e radiação e diferente composição atmosférica (*e.g.* concentração de dióxido de carbono) e de nutrientes (macro e micronutrientes, ausência de açúcares), conduzindo, por conseguinte, à autotrofia da planta (Collins e Edwards, 1998).

Por último, uma das vantagens a destacar nesta técnica de propagação de plantas é o contributo que pode dar para a reflorestação de locais afectados por incêndios, por condições climáticas adversas e/ou pela acção humana (*e.g.* manutenção de aterros radioactivos ou o não encerramento de minas desactivadas), bem como para a propagação de espécies em vias de extinção.

Em Portugal, salvo poucas excepções como a de alguns produtores de eucalipto, ainda está a dar-se os primeiros passos na utilização de recursos de biotecnologia na protecção e melhoramento da floresta e de espécies florestais em risco.

Neste trabalho pretendeu desenvolver-se estratégias eficientes de micropropagação de uma espécie florestal, o zimbro, em risco numa região de Portugal (a Ilha de Porto Santo). A estratégia adoptada foi a micropropagação por cultura de segmentos nodais, dada as vantagens desta estratégia.

III.2.2.2.2. Micropropagação do zimbro

III.2.2.2.2.1. Contextualização

O género *Juniperus* L. (zimbro) tem aproximadamente 75 a 80 espécies e é o segundo maior género de coníferas. As espécies de *Juniperus* estão largamente distribuídas por regiões semi-áridas, onde são largamente utilizadas para embelezamento de paisagens, para madeira e para fins medicinais. O *Juniperus phoenicea* L. é nativo de algumas regiões da bacia mediterrânea, Ilhas Canárias e Norte de África, e apresenta alguns problemas de propagação, nomeadamente, os relacionados com a falta de polinização, a baixa viabilidade dos grãos de pólen e/ou a degeneração dos embriões, responsáveis, por sua vez, pela produção reduzida de sementes de *Juniperus* sp. (Ortiz et al., 1998). Acrescente-se ainda que, normalmente, espécies de crescimento erecto, como é o caso do género *Juniperus*, são mais recalcitrantes que as prostradas (Hartman et al., 1990).

A propagação por estacaria de algumas das espécies de *Juniperus* já foi conseguida, pelo enraizamento com 4,5 % (m/v) de ácido indole-3-butírico (IBA) (Dirr e Heuser, 1987). Também, Hartman et al. (1999) apontam a propagação de *J. virginiana* e *J. procumbens* por estacaria e de *J. virginiana* e *J. chinensis* por germinação de semente, destacando, todavia, que o êxito no enraizamento pode ser mais baixo do que 10 % quando são usadas as árvores adultas como plantas-mãe (Edson et al., 1996).

Infelizmente, *J. phoenicea* não é eficientemente propagado pelos métodos tradicionais e os resultados são extremamente inconsistentes e não reprodutíveis (Brito, 2000). De facto, tal como noutras espécies de *Juniperus*, *J. phoenicea* não apresenta uma elevada taxa de produção de plantas por germinação das sementes (Ortiz et al., 1998).

A micropropagação, ao ultrapassar alguns dos problemas detectados na propagação convencional, apresenta-se como uma técnica altamente promissora para a propagação/preservação de espécies de *Juniperus* (Brito, 2000). Por outro lado, e contrariamente a *Pinus* (e.g. Gomez e Segura, 1995, 1996; Andersone e Levinsh, 2005), existe ainda pouca informação disponível para as espécies de *Juniperus*.

Gomez e Segura (1995) apresentam dados relativos à multiplicação de *J. oxycedrus* por proliferação de gomos axilares; posteriormente referem que os *calli* da mesma espécie apresentam alguma capacidade de morfogénese (Gomez e Segura 1996). Por seu lado, Cantos et al. (1998) propõem um novo método que envolve a germinação de embriões cultivados *in vitro*, no meio de cultura MS (Murashige e Skoog, 1962) de forma a

potenciar a germinação e a propagação de *J. oxycedrus* ssp. *oxycedrus* e ssp. *Macrocarpa*. Mais recentemente, Shanjani (2003) salienta a importância de azoto na indução de *callus* e na regeneração de plantas de *J. excelsa*, e Gonçalves et al. (2005) sugerem um novo meio de cultura baseado na composição mineral do explante como estratégia a utilizar em espécies muito recalcitrantes.

No quadro da investigação presente, procurou otimizar-se uma estratégia de micropropagação/clonagem *in vitro* e aclimatização de plantas de *J. phoenicea* em risco, e provenientes de uma árvore adulta de Porto Santo.

III. 2.2.2.2. Material e métodos

A estratégia de micropropagação de *Juniperus phoeniceae* L. englobou: um tratamento prévio dos ramos com uma solução de fungicida; um protocolo de desinfecção do material que iria ser inoculado; um ensaio de dois meios de cultura para abrolhamento e alongamento dos rebentos; um ensaio de dois métodos de enraizamento e, finalmente a aclimatização posterior (Figura III.2.6.).

Estratégia utilizada:



Figura III.2.6.: Esquematização da estratégia de propagação de *Juniperus phoenicea* L. (esquema retirado de Capelo et al. 2003)

Estabelecimento de culturas *in vitro*:

Segmentos nodais (com 15 – 20cm de comprimento) de ramos terminais de árvores adultas (com 20 anos de idade) da Ilha de Santo de Porto, colhidas em Setembro, foram utilizados como fonte de explantes para estudos *in vitro*.

Testou-se o efeito da aspersão prévia, com uma solução de fungicida, de ramos de zimbro durante a aclimatização destes a estufa (22 ± 1 °C, 16h fotoperíodo com luz de $400 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), na posterior qualidade das culturas *in vitro*. Assim, no tratamento A, um conjunto de ramos foi submetido à aspersão periódica com uma solução de $0,75 \text{ g L}^{-1}$ Derosal (Hoescht & AgrEvo de Schering, Berlim, Alemanha) e $1,5 \text{ g L}^{-1}$ Previcur® (Hoescht & AgrEvo de Schering, Berlim, Alemanha)] por um período de duas semanas. No tratamento B, outro conjunto de ramos não foi submetido a qualquer aspersão.

Fragmentos de ramos contendo 1-2 nódulos axilares/apicais foram depois lavados com água da torneira durante 10 min, descontaminados em etanol 70 % (v/v) durante um minuto e depois imersos duas vezes (10 minutos cada) em 200 mL de uma solução comercial de lixívia (2,5 – 3,0 % de formas de cloro activo) contendo 5 gotas de Teepol (detergente comercial). Depois de retirado o excesso de solução anterior, os fragmentos foram esterilizados numa solução de fungicida com 1 g L^{-1} Benlate (Rhône-Poulenc) durante 10 minutos e lavados seguidamente em água estéril, três vezes (5 min cada).

Para testar a influência dos reguladores de crescimento na propagação de rebentos, os explantes (com 1 cm de comprimento e possuindo um gomo axilar, cada) foram colocados no meio de cultura MS ou SH (Schenk e Hildebrandt, 1972), suplementado com $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ de BAP – benzilaminopurina ou $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ de KIN - cinetina, 30 g L^{-1} de sacarose, 8 g de agar e pH 5,8. Cada tratamento englobou dez frascos de 400 mL (cada com 50 mL de meio), contendo cinco explantes, cada, num total de 50 explantes. As culturas foram incubados numa câmara de crescimento, a 22 ± 1 °C, com um fotoperíodo de 16h e luz de $\pm 98 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (fornecido por lâmpadas OSRAM L36W/21).

A influência dos ciclos de cultura na multiplicação de rebentos foi avaliada por comparação das respostas em diferentes períodos de cultura: 1ª subcultura (rebentos derivados da planta-mãe, após um mês de cultura) e no fim da 4ª subcultura (quatro meses de idade). A taxa de sobrevivência e os parâmetros morfológicos, como comprimento (cm) dos rebentos e número de rebentos por explante, foram avaliados para estes dois períodos de cultura. Os tratamentos foram repetidos duas vezes em experiências independentes.

Estudos de enraizamento e aclimatização de plantas:

Os rebentos de comprimento entre 2,0 e 3,0 cm foram transferidos para diferentes condições de enraizamento: inicialmente foram embebidos numa solução de IBA (5g L⁻¹) durante um minuto ou cinco minutos, e depois colocados em meio de enraizamento OM (Olive Medium) com uma composição da matriz sólida de agar ou turfa:perlite (3:2).

As culturas foram em seguida incubadas sob as condições previamente descritas para a cultura de rebentos, adicionando-se aos meios de cultura solidificados 6g L⁻¹ de agar, 20g L⁻¹ sacarose e acertando para pH 5.8. Cada tratamento englobou oito frascos de 400 mL contendo cada cinco explantes, num total de 40 explantes.

Os rebentos com raízes com um comprimento de cerca de dois centímetros (ao fim de um mês de cultura) foram transferidos para vasos com uma mistura esterilizada de turfa:perlite (3:2), e foram tratados com uma solução de fungicida: 0,75 g L⁻¹ Derosal (Hoescht & AgrEvo de Schering, Berlim, Alemanha) e 1,5 mL L⁻¹ Previcur® (Hoescht & AgrEvo de Schering, Berlim, Alemanha). Posteriormente, estes rebentos foram transferidos para uma estufa a 22 ± 1 °C, com um fotoperíodo de 16h e intensidade luminosa de aproximadamente 400 µmol m⁻²s⁻¹, onde foram aclimatizados para uma progressiva diminuição da humidade relativa (%HR).

Tratamento estatístico:

Os dados da cultura *in vitro* e do enraizamento obtidos foram analisados usando One Way ANOVA.

Por sua vez, o teste Tukey-Kramer de comparação múltipla foi aplicado, quando necessário, para determinar exactamente que grupos eram diferentes (P <0,05).

Todo o procedimento estatístico foi executado usando o Sigma Stat for Windows version 3.1, SPSS Inc. USA.

III.3. PERCURSOS INVESTIGATIVOS EM FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES

III.3.1. Introdução

Para consecução do objectivo geral 2, explicitado no Capítulo I (p. 7) e aqui retomado: “Desenvolvimento de percursos investigativos em formação inicial de professores de ciências para o ensino básico, envolvendo temáticas actuais relacionadas com biologia e biotecnologia”, concebeu-se, implementou-se e avaliou-se uma intervenção, com, e por alunos de Didáctica das Ciências, do 4º ano de um curso de licenciatura em Ciências da Natureza e Matemática, 2º ciclo do Ensino Básico, num Instituto superior privado.

Esta intervenção envolveu um percurso de natureza documental e investigativo de, e com alunos-futuros professores de ciências, com vista a, numa primeira fase, se identificarem crenças e atitudes acerca de aspectos específicos das ciências (ver Figura III.3.1., p. 92 e Tabela III.3.1., p. 98), e numa segunda fase, se desenvolver PIs, envolvendo temas de toxicologia ambiental e biotecnologia vegetal, com componentes de TE e TL, sob orientação da investigadora-professora.

Na secção **3.2.** justificam-se as opções tomadas relativamente à sua conceptualização (**3.2.1.**), descrevem-se os pressupostos em que se apoiou a intervenção (**3.2.2.**), as relações com o sistema educativo formal e o enquadramento institucional dos alunos envolvidos (**3.2.3.**). Em **3.3.** descrevem-se e justificam-se as opções tomadas relativamente à execução da intervenção, no que se refere à organização dos blocos lectivos e sua calendarização (**3.3.1.**), às opções metodológicas utilizadas para a sua implementação (**3.3.2.**), aos recursos didácticos preparados para apoiar a sua realização (**3.3.3.**) e à descrição de cada bloco (**3.3.4.**). Em **3.4.** descrevem-se e justificam-se as opções metodológicas que caracterizam a avaliação da intervenção.

III.3.2. CONCEPTUALIZAÇÃO DA INTERVENÇÃO

III.3.2.1. Aspectos específicos da conceptualização

Na conceptualização da intervenção, optou-se por estruturar e planificar um conjunto de etapas formativas (1ª, 2ª, 3ª e 4ª etapas), conciliando-as com os conteúdos teóricos a explorar, e os procedimentos a adoptar (Figura III.3.1.).

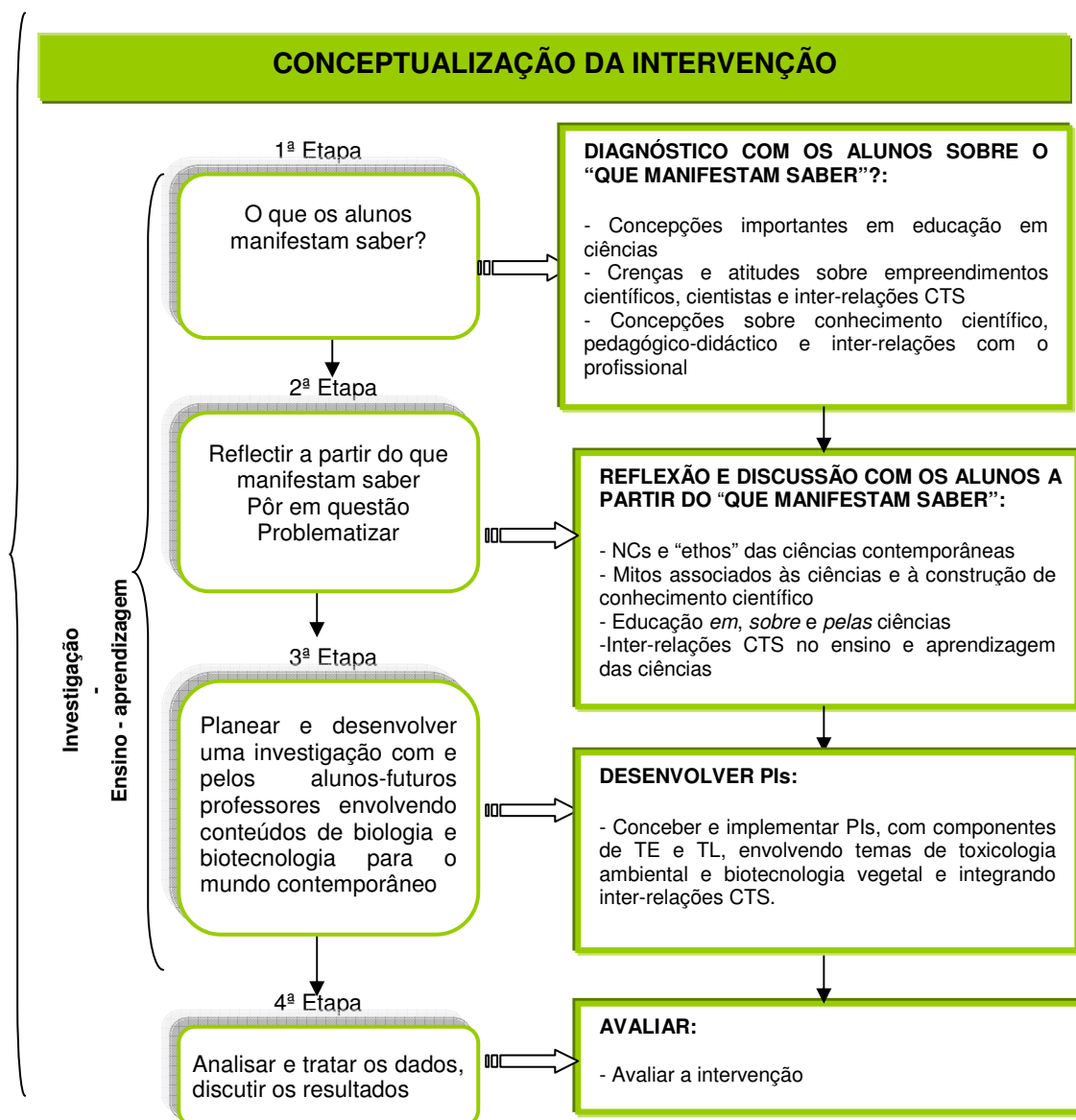


Figura III.3.1.: Identificação das etapas definidas para a intervenção, dos conteúdos teóricos seleccionados e dos procedimentos traçados para a sua realização, envolvendo alunos-futuros professores sob orientação da investigadora-professora.

Com a estrutura adoptada pretendeu propiciar-se condições para desenvolver PIs envolvendo temas actuais de ciências, como os de toxicologia ambiental e biotecnologia vegetal, no contexto referido de formação inicial de professores de ciências para o ensino básico. Após consulta bibliográfica constatou-se que, para alcançar este objectivo seria necessário, em primeiro lugar, estimular a reformulação de concepções e crenças dos alunos-futuros professores sobre alguns aspectos das ciências, designadamente aqueles que envolviam a natureza e a construção de conhecimento científico. Este aspecto tem sido analisado e documentado por diversos investigadores (*e.g.* Acevedo et al., 2004, Lederman, 1992), por exemplo, a influência das crenças dos professores nas atitudes que tomam relativamente aos conteúdos das disciplinas que ensinam e às formas e linguagem que usam para os ensinar (Acevedo et al., 2004).

Nessa perspectiva, a **1ª etapa** foi construída para recolher dados sobre o que os alunos-futuros professores, manifestavam saber acerca de aspectos importantes em educação em ciências (*e.g.* acerca de alguns referenciais teóricos considerados relevantes no contexto presente de reformas educativas) e de assuntos envolvendo empreendimentos científicos, cientistas e inter-relações CTS [*e.g.* discussão de alguns resultados de “Atitudes dos europeus face às ciências” – Eurobarómetro, 2005 (EC, 2005)] (Figura III.3.1.), recorrendo a questionamento, análise e explicitação próprios e de pares.

Considerou-se que a tomada de consciência das referidas crenças, por parte dos alunos-futuros professores, poderia resultar em melhores compreensões das suas repercussões nas ideias a seguir desenvolvidas (Haney et al., 1996). Poderia também contribuir para fundamentar a necessidade de repensarem e reformularem as suas concepções, tendo em vista contrariar a perpetuação de estereótipos (Fernández et al., 2002, 2005; Rebelo, 2004; Solbes et al., 2001, Gullberg et al., 2008) e/ou evitar que se limitassem a ensinar como foram ensinados (Hérmendez et al., 2006).

A preocupação em incluir na **1ª etapa** reflexões sobre as diversas facetas do conhecimento profissional, também se coaduna com propostas que têm sido apresentadas no sentido de mudar as práticas dos professores e contribuir para promover uma compreensão mais profunda, adequada e autêntica dos próprios conteúdos científicos envolvidos (Sá-Chaves, 2000).

A **2ª etapa** foi estruturada para criar momentos de reflexão epistemológica, em que os alunos-futuros professores reflectissem a partir do que manifestavam saber, para porem em questão alguns aspectos internos das ciências e associados às ciências (Figura III.3.1.), recorrendo a:

1. Questionamento, análise, explicitação e avaliação de crenças e conhecimentos, próprios e de pares, sobre aspectos internos das ciências, designadamente, concepções sobre a NCs, aspectos do “ethos” das ciências contemporâneas, bem como valores e mitos associados às ciências e ao aprender sobre ciências (Santos, 1999);
2. Questionamento, análise, explicitação e avaliação de crenças e conhecimentos, próprios e de pares, sobre educação *em, sobre e pelas* ciências (Santos, 1999; Rebelo, 2004);
3. Análise e discussão de documentos e situações potenciadoras de reflexões sobre práticas lectivas promotoras de integração de inter-relações CTS no ensino e aprendizagem das ciências.

Desejava-se, assim, que os alunos-futuros professores compreendessem o “*significado e a relevância de que revestem os aspectos epistemológicos nas práticas lectivas*” (Rebelo, 2004, p. 135). Recentes reformas do ensino das ciências realçam estes mesmos aspectos ao frisarem a necessidade de se “*desarrollar una imagen de la ciencia más valida desde el punto de vista epistemológico, que sea más coherente com las prácticas científicas actuales*” (Acevedo et al., 2007, p. 43).

Diferentes argumentos têm sido propostos para justificar a importância da inclusão de temas de NCs no currículo (Alonso et al., 2007, Akerson et al., 2000, 2006; Bell et al., 2001), em particular: *i*) possuir valor intrínseco (Acevedo et al., 2004), *ii*) propiciar visões mais adequadas sobre as ciências (Fernández, 2005), *iii*) promover contextos mais adequadas para a apropriação de inovações curriculares (Solbes, et al., 2001), e *iv*) promover a compreensão pública das ciências (Cotham e Smith, 1981). Conquanto haja muitos outros, globalmente podem agrupar-se em cinco categorias: (i) utilitárias, (ii) democráticas, (iii) culturais, (iv) axiológicas e de (v) docência (relacionada com o ensino e aprendizagem de conceitos científicos) (Acevedo et al., 2005a; Lederman, 2007; Martins, 2003). Ora, no delineamento da intervenção, em particular na 2ª etapa, com as reflexões explícitas sobre a NCs, o “ethos” das ciências contemporâneas e, ainda, sobre valores e mitos associados às ciências e ao aprender sobre ciências (Acevedo et al., 2005b), não se pretendeu relevar variados argumentos mas apenas realçar aqueles que, pela sua importância para o ensino e aprendizagem de ciências, justificariam, em maior ou menor grau, o interesse dos alunos, tais como:

1. Favorecerem a compreensão de temas actuais de ciências, como os de toxicologia ambiental e biotecnologia vegetal;

2. Contribuírem para estimular estratégias de compreensão de assuntos complexos, precavendo as que sobrevalorizam a memorização;
3. Constituírem um motivo forte para o envolvimento em actividades investigativas;
4. Auxiliarem em tomadas de consciência da diversidade de aspectos a ter em consideração no desenvolvimento de actividades investigativas, incluindo o tempo necessário;
5. Estimularem persistência, perseverança e aceitação crítica de erros – indispensáveis em actividades de investigação.

Assumiu-se, assim, que a abordagem explícita de aspectos internos das ciências seria a que melhor se ajustaria ao desenvolvimento de concepções mais adequadas sobre a NCs (Alonso et al., 2007, Akerson et al. 2000), que melhor auxiliaria na compreensão e desenvolvimento de PIs, envolvendo temas actuais de ciências, e que melhor contribuiria para a compreensão e fundamentação de opiniões sobre assuntos tecnocientíficos de interesse social, como é o caso dos de toxicologia ambiental e/ou de biotecnologia vegetal.

Ainda nesta etapa, o envolvimento dos alunos em questionamento, análise, explicitação e avaliação de crenças e conhecimentos, próprios e de pares, sobre educação *em, sobre e pelas* ciências (Figura III.3.1., p. 92) pretendeu contribuir para os consciencializar da importância de promover uma educação científica global e adequada a exercícios de cidadania activos, conscientes e responsáveis.

Por último, a promoção de reflexões sobre práticas lectivas promotoras de inter-relações CTS no ensino e aprendizagem das ciências (Figura III.3.1.) pretendeu promover nos alunos visões mais adequadas acerca das ciências em conformidade com o “ethos” das ciências contemporâneas e com as exigências de educação actuais (Vázquez-Alonso et al., 2007).

A **3ª etapa** da intervenção pretendeu envolver os alunos no planeamento e execução de PIs, envolvendo temas de toxicologia ambiental e biotecnologia vegetal, e integrando inter-relações CTS e componentes de TE e TL (Figura III.3.1.).

Partiu-se, assim, da ideia de que os PIs envolvendo TE e TL seriam os que melhor se ajustariam ao estudo e resolução de questões e/ou problemas relacionadas com temas actuais de ciências (*e.g.* toxicologia ambiental e biotecnologia vegetal) e que melhor expressariam inter-relações CTS (Brown e Melear, 2006). Os alunos poderiam, ainda, compreender o significado e a relevância de que se revestem os PIs nas práticas lectivas

e desenvolverem competências investigativas, relevantes em exercícios de cidadania e práticas docentes.

Por último, a **4ª etapa** teve a finalidade de avaliar a intervenção pela análise, tratamento dos dados e discussão dos resultados (Figura III.3.1., p. 92).

Em suma, a intervenção pretendeu:

- 1 - Articular a vertente da investigação e a da educação, especificamente pela formação de alunos-futuros professores;
- 2 – Apresentar estratégias efectivamente vivenciadas pela investigadora-professora e pelos alunos-futuros professores;
- 3 - Reconhecer que o desenvolvimento de PIs, com e pelos alunos-futuros professores, envolvendo temas actuais de ciências, quando precedidos de reflexões sobre a NCs, mitos e produção de conhecimento científico, bem como sobre a evolução do “ethos” das ciências, promovem uma melhor compreensão de conteúdos e processos envolvidos;
- 4 - Valorizar a exploração de inter-relações CTS no desenvolvimento de PIs visando promover educação *em, sobre e pelas* ciências;
- 5 - Valorizar o desenvolvimento de PIs envolvendo componentes de TE e TL com, e pelos, alunos-futuros professores tendo em vista desenvolverem competências investigativas, relevantes em exercícios de cidadania e de práticas docentes.

III.3.2.2. Pressupostos da intervenção

Os pressupostos da intervenção decorrem da concepção epistemológica assumida para a construção do conhecimento científico com, e pelos, alunos-futuros professores e das características atribuídas à natureza do conhecimento científico.

Assim, relativamente à construção de conhecimento científico-pedagógico assumiu-se uma concepção epistemológica construtivista (Canavarro, 1999; Hofstein e Lunetta, 2003), segundo a qual os alunos, a partir do que sabem, constroem activamente o seu conhecimento (Canavarro, 1999; Hernández et al., 2006), pressupondo-se, também, que *“todo o conhecimento é construído socialmente”* (Abrams, 2000, p. 271). Valoriza-se,

pois, *“uma cultura em que o diálogo, entre os alunos e com o professor, (...) [está] ao serviço do desenvolvimento do pensamento dos alunos”* (Alves, 2004, p. 76).

Esta relação de cooperação entre professor e alunos *“não realça apenas a compreensão da ciência, também incentiva a prática de muitas capacidades, atitudes e valores que caracterizam a ciência”* (Abrams 2000, p. 171).

Os professores devem, por isso, encorajar as discussões informais e estruturar as actividades nas aulas de ciências, com vista a estimular os alunos a explicar e a justificar os seus pontos de vista, argumentar a partir dos dados recolhidos, defender as conclusões e avaliar criticamente as explicações científicas uns dos outros (Abrams, 2000).

Quanto à *natureza do conhecimento científico*, assumiram-se as ideias científicas como provisórias, baseadas na experiência empírica, subjectivas, resultantes da criatividade humana, e influenciadas pelo contexto sociocultural (Guisasola e Morentin, 2007, McComas, 2005, Santos, 1999), em que a validação e aceitação em comunidades científicas pertinentes dependem de mecanismos de avaliação inter-pares (Pedrosa, 2000b).

III.3.2.3. Relações com o sistema educativo formal, com a Instituição e alunos envolvidos

Para efeitos das suas relações com o sistema educativo formal, em particular, com a formação inicial de professores de ciências, a intervenção constituiu o cerne da disciplina de Didáctica das Ciências, do 4º ano de um curso de licenciatura em Ciências e Matemática do 2º ciclo, e integrou o plano de formação de um Instituto superior privado, onde a investigadora exercia actividades docentes.

A concretização do programa da disciplina, elaborado pela investigadora-professora enquanto responsável pela sua leccionação, pressupunha, nos termos em que foi equacionado, a compatibilização com o sistema de formação inicial de professores do ensino básico naquele contexto institucional. Mediante isso, procurou articular-se o estudo dos aspectos teóricos da disciplina de Didáctica das Ciências com os aspectos teóricos e processuais envolvidos na intervenção.

O TP decorrente da intervenção envolveu um grupo restrito de 3 alunos, “*amostra accidental*” (Fortin, 2003, p. 208), já que constituiu os alunos inscritos na disciplina naquele ano lectivo (à excepção de um aluno como a seguir se explicitará).

A amostra foi considerada relevante, dado que os alunos-futuros professores disponibilizaram-se a testemunhar sobre a sua experiência e/ou a descrever o que pudesse interessar à investigadora-professora, o que supunha motivação para participar e capacidade para se exprimirem. Como sublinha Rousseau e Saillant (2003), “*é mais importante ter uma amostra não probabilística mas apropriada, do que ter uma amostra probabilística que não o seja*” (Rousseau e Saillant, 2003, p. 156).

III.3.3. ASPECTOS ESPECÍFICOS DA EXECUÇÃO DA INTERVENÇÃO

III.3.3.1. Organização dos blocos lectivos e sua calendarização

A organização da intervenção em quatro blocos de aulas (cada aula com duas horas semanais), designados genericamente por bloco lectivo 1, bloco lectivo 2, bloco lectivo 3 e bloco lectivo 4 (Tabela III.3.1.) procurou respeitar as quatro etapas formativas, definidas na conceptualização (Figura III.3.1, p. 92).

Tabela III.3.1. Articulação entre as etapas formativas e os blocos lectivos e descrição sumária destes.

Etapas formativas (Figura III.3.1.)	Bloco lectivo	Descrição sumária dos blocos
1ª etapa 2ª etapa	1	Desenvolvimento de um estudo de natureza documental e investigativo com, e pelos, alunos-futuros professores visando, em primeiro lugar, averiguar das suas crenças e atitudes face a alguns aspectos das ciências (1ª etapa) (Figura III.3.1., p. 92), e em segundo, reflectir sobre elas e as (re)formularem (2ª etapa).
3ª etapa	2	Desenvolvimento de PIs com, e pelos alunos-futuros professores, sob orientação da investigadora-professora, envolvendo temas de toxicologia ambiental e biotecnologia vegetal e integrando inter-relações CTS
	3	Realização das componentes de TE e TL
4ª etapa	4	Avaliação da intervenção

O bloco lectivo 1 correspondeu a um estudo de natureza documental e investigativa e englobou as **1ª e 2ª etapas** da intervenção (Figura III.3.1.). Já os blocos lectivos 2, 3 e 4

corresponderam a um estudo de natureza empírica e investigativa, compreendendo as **3ª e 4ª etapas** (Figura III.3.1). A descrição de cada bloco será apresentada na secção 3.3.4.

Na Tabela III.3.2., a seguir esquematizada, apresenta-se o número de aulas para cada bloco e a sua calendarização. A listagem completa das aulas apresenta-se no Anexo I, (p. 253-254).

Tabela III.3.2. Calendarização das aulas de Didáctica das Ciências.

bloco lectivo 1			bloco lectivo 2	9ª aula	24 Novembro	bloco lectivo 3			bloco lectivo 4
				10ª aula	28 Novembro				
	1ª aula	30 Setembro		11ª aula	2 Dezembro		21ª aula	23Março	
	2ª aula	6 Outubro		12ª aula	15 Dezembro		22ª aula	30Março	
	3ª aula	13 Outubro		13ª aula	5 Janeiro		23ª aula	20 Abril	
	4ª aula	20 Outubro		14ª aula	13 Janeiro		24ª aula	27 Abril	
	5ª aula	27 Outubro		15ª aula	23 Janeiro		25ª aula	4 Maio	
	6ª aula	3 Novembro		16ª aula	9 Fevereiro		26ª aula	11 Maio	
7ª aula	10 Novembro			17ª aula	16 Fevereiro				
8ª aula	17 Novembro			18ª aula	23 Fevereiro				
				19ª aula	9 Março				
				20ª aula	16 Março				

III.3.3.2. Opções metodológicas utilizadas na implementação

O facto da presente intervenção, por um lado, realçar a importância de biologia e biotecnologia no contexto sócio-ambiental actual e, por outro, contemplar a questão de como preparar futuros professores de ciências para o mundo contemporâneo, levou a optar-se por “*investigação aplicada*” (Carvalho, 2002, p. 68).

Assumiu-se, assim, a “*investigação*”, ou seja, o desenvolvimento de PIs, por ser a que melhor se aplicaria ao contexto profissional da professora como investigadora (Alarcão, 2001b, p. 10) e, particularmente, por se lhe reconhecerem atributos que valorizariam a intervenção, designadamente, o seu carácter organizado, ordenado, rigoroso, reproduzível, proporcionando discussão crítica, reflexão individual e/ou participada, verificação e/ou a (re)construção de conhecimentos novos (Reis e Galvão, 2005).

Reconheceu-se, também, o seu papel no “*alargamento do nível de compreensão individual pelo contacto com as interpretações e a experiência de vida dos outros*” não

descurando os valores de respeito e de tolerância (Reis e Galvão, 2005, p. 78). Em particular, reconheceu-se-lhe o seu papel nos processos de mudança conceptual, promovendo interacções com os colegas de grupo, envolvendo-os *“em reflexão colaborativa sobre problemas reais com que se deparam (...) aumentando o seu conhecimento na tentativa de ultrapassar esses problemas”* (Reis e Galvão, 2005, p. 78). Isto é, os alunos-futuros professores ao experimentarem insatisfação com ideias inadequadas seriam induzidos a desenvolverem concepções plausíveis e a reconhecerem a relevância do novo conhecimento em diferentes contextos (Reis e Galvão, 2005).

A opção *“investigação aplicada”* (Carvalho, 2002, p. 68) resultou do interesse de que a investigação fosse pertinente, estivesse adaptada ao contexto de formação inicial dos alunos-futuros professores de ciências e os resultados decorrentes da sua implementação auxiliassem na selecção e (re)construção, etapa a etapa, dos recursos didácticos necessários.

Objectivamente, pretendeu-se que os alunos-futuros professores desenvolvessem competências investigativas (já anteriormente salientadas, capítulo I), amplamente recomendadas nos programas e orientações curriculares para o ensino básico (Miguéns, 1999) e necessárias à estruturação, planificação e realização de actividades práticas investigativas, ou seja, de PI em contexto de educação científica formal. Igualmente, pretendia-se que os alunos desenvolvessem *“competências básicas em ciências e tecnologia”*, definidas pela Comissão das Comunidades Europeias (CCE) entre as oito competências-chave para a aprendizagem ao longo da vida (CCE, 2005). Estas competências englobam *“a capacidade de utilizar (...) dados científicos para atingir um objectivo ou chegar a uma decisão ou conclusão fundamentada. (...), reconhecer as características essenciais da pesquisa científica e ter a capacidade de comunicar as conclusões e o raciocínio que levou até elas”*; e de atitudes, tais como a *“apreciação crítica e de curiosidade, um interesse pelas questões éticas e o respeito da segurança e da sustentabilidade – nomeadamente no que toca ao progresso científico e tecnológico face ao próprio indivíduo, à família, à comunidade e aos problemas globais”* (CCE, 2005, p. 18).

Dado reconhecer que TP *“requerendo envolvimento dos alunos e propondo abordagens investigativas, (...) é difícil quanto mais não seja pela carência, ou mesmo ausência de vivências dos próprios professores em processos semelhantes e transponíveis para contextos lectivos* (Pedrosa, 2000a, p. 23), a investigadora-professora estimulou os

alunos-futuros professores a utilizarem recursos heurísticos, designadamente, Vês de Gowin e mapas de conceitos, para apoiar e fundamentar a resolução de questões em contexto de TP.

O ambiente geral envolvente e o número restrito de alunos conduziram a um estudo de caso. Este tipo de estudos apresenta vantagens, pois *“constitui muito mais do que uma história ou descrição de um acontecimento ou circunstância, permitindo ao investigador a possibilidade de se concentrar num caso específico ou situação e de identificar, ou tentar identificar, os diversos produtos interactivos em curso”* (Bell, 2002, p. 23). Além disso, os estudos de caso *“quando aplicados sistemática e criticamente, quando são passíveis de relato e quando permitem ampliar o conhecimento existente pela publicação das suas conclusões, podem constituir formas válidas de investigação educacional, e contribuir para uma melhoria na educação em ciências”* (ibid.).

Este tipo de estudos garante, pois, utilidade formativa *“já que, pela subjectividade que os caracteriza, contêm informação profunda e rica de exemplos, de mudanças inovadoras, e de subjectividade inerente ao desenvolvimento da identidade docente”* (Sanches e Jacinto, 2004, p. 213).

A natureza complexa do estudo de caso que se pretendia desenvolver, envolvendo o desenvolvimento de PI, justificou, por sua vez, a opção por uma abordagem qualitativa. Qualitativa *“no sentido de que numa tal abordagem investiga-se “com” e não “para” as pessoas de interesse, considerando-se até os sujeitos do estudo como co-investigadores”* (Rousseau e Saillant, 2003, p. 148).

Esta abordagem é consistente com a dinâmica de investigação-acção que a investigadora-professora adoptou nas suas aulas recolhendo e analisando informação, em ciclos de reflexão-acção-reflexão contínuos e sistemáticos (Nunes, 2000) (Figura III.3.2., p. 102), de forma a fundamentar as actividades de aprendizagem propostas e, concomitantemente, a tornar a intervenção mais rigorosa e significativa.

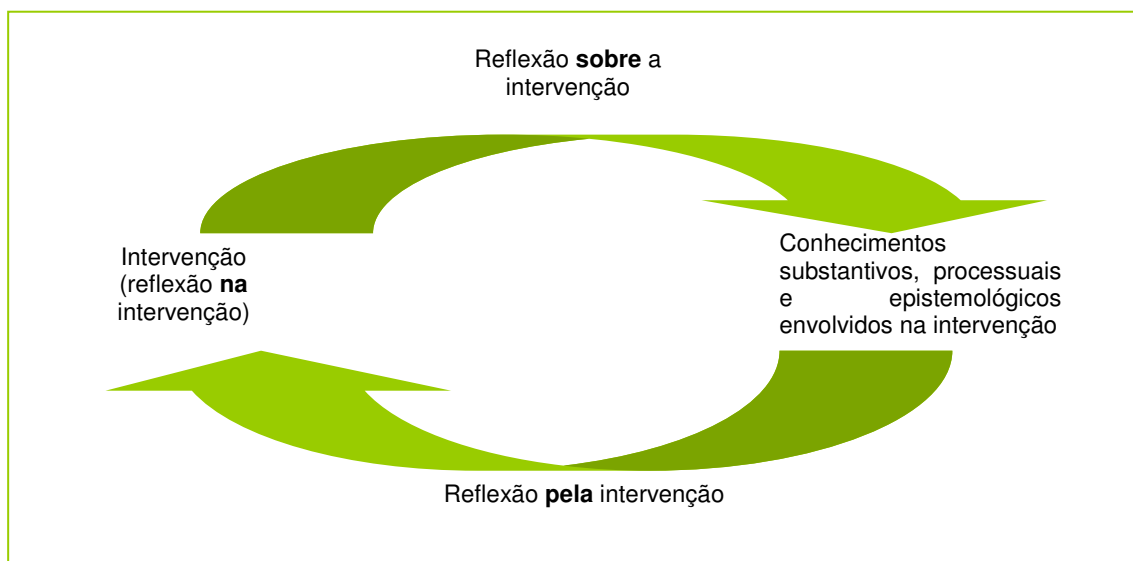


Figura III.3.2. Esquemática de um ciclo de reflexão na, sobre e pela intervenção, por analogia com o ciclo de reflexão-ação de Schön (adaptado de Nunes, 2000).

Assim, a presente intervenção exigiu da investigadora-professora um conjunto de atributos:

- (i) Estar preparada para, de uma forma crítica, participar e intervir em qualquer momento da intervenção, dado que os assuntos abordados, *e.g.* toxicologia, envolviam alguma complexidade;
- (ii) Enfrentar os problemas que surgiam, reforçando a sua autonomia face a eventuais crenças e costumes dominantes;
- (iii) Escolher, na sua actuação, estratégias que melhor se adequassem ao contexto de aprendizagem específico e aos desafios que se colocavam ao ensino e investigação em ciências;
- (iv) Tentar estabelecer com os alunos-futuros professores relações propícias à aprendizagem (Alarcão, 1996).

A investigadora-professora procurou desenvolver estes atributos, essencialmente:

- a) A partir de competências desenvolvidas no seu percurso de autoformação no Laboratório de Biologia e na sua actividade profissional como docente;
- b) Com a criação de situações promotoras de ciclos de reflexão-ação-reflexão, proporcionando aos alunos *“oportunidades de consciencializar as suas concepções iniciais, de as confrontarem com diferentes posições teóricas e de discutirem as suas implicações para o ensino/aprendizagem das ciências”* (Silva e Duarte, 1997, p. 272).

Assumi-se, deste modo, como uma profissional reflexiva, que fundamenta a sua acção numa *“perspectiva interaccionista e sócio-construtivista, de aprendizagem experiencial, e*

de formação em situação de trabalho” (Alarcão, 2001b, p. 11), de acordo com os pressupostos apresentados em 3.2.2..

Criar oportunidades para o envolvimento de professores em práticas reflexivas, independentemente de estas serem individuais ou cooperativas, significa valorizar as práticas *“como fonte de conhecimento através de experimentação e reflexão, como momento privilegiado de integração de competências, como forma de clarificação do sentido das trocas de informação entre o professor e o aluno, de diálogo com a própria acção e de aceitação dos desafios que esta provoca”* (Alarcão, 1996, p. 19)

Esta perspectiva não exclui, contudo, que o professor se possa envolver *“num tipo de ensino mais tradicional, expositivo”* e que assuma, quando necessário, *“a função de comunicar informação, descrever teorias, discutir aplicações”*, e/ou exemplificar (ibid.).

c) Desenvolvendo aulas que, sistematicamente, levassem *“o aluno a reconhecer e controlar conscientemente as competências do pensar”* (Cardoso et al., 1996, p. 76) que gradualmente iam construindo. Deste modo, aulas onde a explicitação, a análise, o questionamento, a discussão e o debate estivessem presentes, tornaram-se determinantes no entendimento e gestão de consensos entre os alunos-futuros professores e entre eles e a investigadora-professora.

Em particular, com a explicitação e a análise de documentos, de textos, ou mesmo, vivência de situações práticas de ensino e aprendizagem, designadamente, de TE ou meramente trabalho demonstrativo, a professora propunha-se clarificar posições, estimular a reformulação de concepções e/ou conhecimentos sobre ciências, dos alunos. Com o questionamento, por seu lado, a professora pretendia que os alunos pensassem (reflectissem) e explicitassem o seu pensamento (Alarcão, 1996). Através da discussão, propunha-se confrontar os alunos com opiniões diferentes das deles, o que poderia por em causa as convicções de cada um (ibid.); e com o debate, pretendia que os alunos valorizassem e a defendessem os seus pontos de vista.

Os ambientes cooperativos de aprendizagem assim gerados pretendiam proporcionar o confronto de pensamento entre os alunos, entre estes e a professora, contribuindo, fundamentalmente, para o desenvolvimento de atitudes de responsabilidade partilhada e cooperativa, e para a valorização das suas capacidades de intervenção (Cachapuz et al., 2002).

d) Por último, privilegiando *“abertura de espírito para atender a possíveis alternativas e admitir a existência de erro”*, *“responsabilidade, face a uma cuidadosa ponderação das consequências de determinada acção”* e *“empenhamento indispensável para mobilizar as*

duas atitudes anteriores” (Cardoso et al. 1996, p. 83), a investigadora-professora procurava estabelecer relações propícias à aprendizagem.

Em suma, a intervenção procurou orientar-se no sentido de desenvolvimento de PIs com, e pelos, alunos-futuros professores, iniciando-se pela selecção de um tema, a que se seguiu a formulação do(s) problema(s) e da(s) hipótese(s), o planeamento do(s) procedimento(s) prático(s) e laboratorial(is) para testagem da(s) hipótese(s), sua execução, recolha e registo de dados, análise e tratamento dos dados, interpretação dos resultados, elaboração das conclusões, elaboração de um relatório escrito e, por último, a comunicação ao grupo.

Cada aula iniciou-se com uma pequena introdução ao assunto a ser trabalhado, seguida da exploração, individual ou em pequeno grupo, dos recursos didácticos previamente concebidos e preparados. Na exploração destes recursos privilegiou-se a discussão, o debate, explicitação e/ou a reflexão em grupo, sobre as concepções, crenças, atitudes e valores de cada aluno-futuro professor. Terminou com uma reflexão para (re)formulação de concepções e/ou explicitação das suas relações com concepções já abordadas.

III.3.3.3. Recursos didácticos utilizados na intervenção

Para apoiar os alunos-futuros professores no decurso da intervenção, prepararam-se quatro tipos de recursos didácticos, designados genericamente, por *questionário de diagnóstico* (Anexo II, p. 255-257), *grelha de leitura* (Anexo III, p. 259), *documentos de trabalho* (Anexo IV, p. 260-290), *testes de avaliação* (Apêndice I) e *documentos de apoio* (Anexo V, p. 291-292).

Para apoiar a investigadora-professora na intervenção, conceberam-se quatro documentos, nomeadamente, a *Ficha de caracterização dos alunos-futuros professores* (Anexo VI, p. 293), a *Ficha de presenças* (Anexo VII, p. 294), o *diário da investigadora-professora* (Anexo VIII, p. 295-296) e os *recursos preparados para desenvolvimento das aulas* (Apêndice II).

III. 3.3.3.1. Documentos preparados e utilizados com os alunos

Prepararam-se diversos documentos para os alunos: um *questionário de diagnóstico*, uma *grelha de leitura*, diversos *documentos de trabalho*, dois *testes de avaliação* e *documentos de apoio*.

O *questionário de Diagnóstico* (*qd*, Anexo II, p. 255-257), além de se destinar a caracterizar os alunos-futuros professores recorrendo a um conjunto de parâmetros biográficos, interesses e motivações, visou também perscrutar algumas das suas ideias e opiniões relativamente a conteúdos e objectos de reflexão envolvidos na disciplina de Didáctica das Ciências, nomeadamente, acerca de alguns referenciais teóricos considerados relevantes no contexto presente de reformas educativas.

O *qd* constou, assim, de perguntas requerendo respostas abertas e fechadas e destinou-se a recolher informação sobre as motivações e expectativas dos alunos-futuros professores relativamente ao curso que frequentavam e à disciplina de Didáctica das Ciências onde se encontravam inscritos, bem como, sobre os seus conhecimentos relativamente a: 1) concepções alternativas (Canavarro, 1999; Cachapuz, 1995, 2000), 2) literacia científica (Cachapuz, 2000; Martins, 2003; UNESCO 2006), 3) ensino CTS (Canavarro, 1999; Martins et al., 2004a; Membiela, 1995, 1997), 4) percursos investigativos (Santos, 2002; Pedrosa, 2000a, b) e 5) resolução de problemas (Santos, 2002; UNESCO, 2005b). Destinou-se ainda a avaliar conhecimentos dos alunos-futuros professores sobre alguns problemas educativos em ciências, *e.g.* dificuldades de aprendizagem evidenciadas por alunos. Destinou-se igualmente a identificar alguns temas sócio-científicos actuais, *e.g.* clonagem e desenvolvimento sustentável, que os alunos considerassem interessantes explorar no âmbito da disciplina de Ciências da Natureza, 2º ciclo, julgando-se com conhecimentos suficientes para o fazer. Destinou-se também a recolher a opinião dos alunos-futuros professores sobre manuais escolares.

As respostas obtidas permitiriam eventualmente repensar e redefinir aspectos específicos das aulas, em particular de documentos de apoio a disponibilizar, e de documentos de trabalho a elaborar no decurso da intervenção, respondendo, assim, a necessidades de formação percebidas. O *qd* funcionou como pré-teste e pós-teste, pelo que foi aplicado, no início e no final da intervenção.

A *grelha de leitura* foi preparada para orientar os alunos-futuros professores na sua pesquisa documental (Anexo III, p. 259). Os *documentos de trabalho* (Anexo IV, p. 260-

290) foram, por sua vez, preparados para orientar o seu trabalho nas aulas e na realização dos trabalhos para casa (TPC). Trata-se de documentos “*contendo questões (...) desejavelmente promotoras do seu envolvimento em reflexões cooperativas, individualmente ou em grupo*” (Rebelo, 2004, p. 148). Designaram-se Fichas e representaram-se por **Ficha i**, onde **i** correspondendo ao número do documento em causa, assumiu valores de **1 a 24** (Tabelas III.3.3., 3.4. e 3.5. e Anexo IV, p. 260 a 290).

Os primeiro e segundo *testes de avaliação* na disciplina (Apêndice I), destinados a avaliar os conhecimentos construídos pelos alunos, foram administrados, respectivamente, no final dos primeiro e terceiro blocos de aulas.

Os *documentos de apoio* (Anexo V, p. 291-292), visando auxiliar os alunos-futuros professores a elaborarem as respostas às questões das **Fichas**, bem como “*a identificarem e seleccionarem problemas para cuja resolução se pretende contribuir*” (Pedrosa, 2000a, p. 29) em cada PI, incluíam diversos suportes, designadamente documentos multimédia informatizados, fotocópias de artigos de investigação e bibliografia disponibilizada para consulta, cuja listagem completa se apresenta no Anexo V.

III. 3.3.3.2. Documentos elaborados para a investigadora-professora

Conceberam-se quatro tipos de recursos, designadamente, a *Ficha de caracterização dos alunos-futuros professores*, a *Ficha de presenças*, o *diário da investigadora-professora* e os *recursos preparados para desenvolvimento das aulas*. A *Ficha de caracterização dos alunos-futuros professores* (Anexo VI, p. 293) incluiu um conjunto de questões destinadas a obter informações sobre os seus interesses e motivações. Pretendeu recolher-se dados sobre as habilitações académicas dos alunos-futuros professores (e.g. bacharelato, licenciatura), a sua participação em actividades paralelas às do curso de licenciatura em Ciências da Natureza e Matemática, o ano de inscrição no curso, a média de classificações obtidas até à data no curso, a classificação obtida em Didáctica de Ciências da Natureza I, os seus interesses e hobbies nos tempos livres e, por último, a identificação dos conteúdos programáticos de Ciências da Natureza que mais interesse lhes despertavam.

A *Ficha de presenças* (Anexo VII, p. 294) destinou-se a manter um registo da assiduidade dos alunos-futuros professores e o *diário da investigadora-professora* (Anexo VIII, p. 295-296) a registar as reflexões e discursos dos alunos, entre pares e com a professora, incluso impressões e sentimentos. Estas anotações e registos, atendendo à reduzida disponibilidade de tempo, acabaram por se efectuar sempre à *posteriori* – notas de campo relativamente à observação – (Rebelo, 2004). Tornaram-se, por isso, relevantes, particularmente por levarem “*a repensar, nomeadamente, a ênfase e a ordem de introdução de actividades previamente concebidas, assim como a selecção de documentos de apoio adicionais aos previstos, a formulação de questões orientadoras da sua leitura, e ainda na selecção de alguns documentos disponibilizados (...) em mostras de livros e revistas*” (Rebelo, 2004, p. 176).

Os *recursos preparados para desenvolvimento das aulas* (e.g. apresentações em PowerPoint®) (Apêndice II) serviram para abordar conteúdos teóricos e/ou processuais envolvidos nos Pls. Seguidamente, descreve-se cada bloco de aulas.

III.3.3.4. Descrição dos blocos lectivos

O **bloco lectivo 1**, estruturado com a finalidade de atender à 1ª e 2ª etapa da intervenção (Secção III.3.2.1., Figura III.3.1., p. 92), abrangeu as 8 primeiras aulas, e envolveu a utilização do qd, da *Ficha de caracterização dos alunos-futuros professores* e das **Fichas de 1 a 9**. A listagem das aulas, os recursos didácticos utilizados, bem como o conteúdo sumariado das aulas apresentam-se na Tabela III.3.3. (p. 108).

Em termos gerais, a **aula 1**, primeiro contacto entre a investigadora-professora e os alunos, serviu para se apresentarem os objectivos, conteúdos genéricos do programa da disciplina, metodologias de trabalho a desenvolver e regime de avaliação dos alunos. Serviu também para informar os alunos-futuros professores dos Pls a desenvolver, bem como dos registos que se iriam efectuar relativamente à 1) participação nas aulas, 2) realização dos TPC, 3) postura nas aulas e 4) assiduidade (*Ficha de presenças*, Anexo VII, p. 294; *diário da investigadora-professora*, Anexo VIII, p. 295-296). Permitiu também aos alunos-futuros professores responderem à *Ficha de caracterização dos alunos-futuros professores* (Anexo VI, p. 293) (Tabela III.3.3.).

Tabela III.3.3. Recursos utilizados pela investigadora-professora e pelos alunos, cujas listagens completas se encontram nos Anexos I e II, respectivamente, e conteúdos sumariados e explorados nas aulas de Didáctica das Ciências, respeitantes ao bloco lectivo 1. (Doc.- Documento).

AULA Nº	RECURSOS UTILIZADOS POR				CONTEÚDOS SUMARIADOS DAS AULAS DE DIDÁCTICA DAS CIÊNCIAS
	INVESTIGADORA-PROFESSORA	ALUNOS			
		documentos			
		trabalho (ANEXO IV, p. 260 a 265)	apoio (ANEXO V, p. 291)	Outros	
1	Ficha de caracterização dos alunos-futuros professores (ANEXO VI, p. 293)				Apresentação, propósitos e definição de objectivos para Didáctica das Ciências.
2		Doc.1	qd - pré-teste (ANEXO II)		Diagnóstico de concepções consideradas importantes em educação em ciências (qd-pré-teste).
3		Ficha 1 Ficha 2	Doc. 2, Doc. 3, Doc. 4, Doc. 5, Doc. 6		- Diagnóstico de concepções sobre empreendimentos científicos, cientistas e inter-relações que se estabelecem entre ciências e tecnologia e o papel de cada uma na sociedade (Ficha 1) Significados atribuídos a conhecimentos científicos e pedagógico-didáctico e suas inter-relações com competências profissionais (Ficha 2).
4		Ficha 3 Ficha 4 Ficha 5	Doc. 7 Doc. 8		Reflexão sobre a NCs (Ficha 3), o “ethos” actual das ciências e produção de conhecimento científico (Ficha 4). Reflexão sobre os significados que os alunos-futuros professores atribuem a alfabetização científica. Reflexões sobre valores, mitos e estereótipos associados a ciências e ao aprender ciências (Ficha 5).
5	Ficha de presenças (ANEXO VII) diário da investigadora-professora (ANEXO VIII)	Ficha 5	Doc. 9	grelha de leitura (ANEXO III)	Continuação das reflexões sobre valores, mitos e estereótipos associados a ciências e ao aprender ciências. Entrega de uma grelha para auxiliar os alunos na pesquisa documental.
6		Ficha 6 Ficha 7	Doc. 10 e Doc. 11		Reflexões e análise de concepções relativas a educação em ciências, sobre ciências e pelas ciências e dimensões do currículo escolar (Fichas 6 e 7).
7		Ficha 8	Doc. 12		Reflexão sobre inter-relações CTS em educação em ciências (Ficha 8)
8		Ficha 8 Ficha 9	Doc. 12, Doc. 13, Doc. 14 Doc. 15 Doc. 16 Doc. 17		Continuação das reflexões sobre inter-relações CTS em educação em ciências (Fichas 8 e 9) e sua inclusão, ou não, em manuais do 5º ano de escolaridade, bem como a sua discussão. Análise de alguns artigos de imprensa escrita visando ajudar os alunos-futuros a tomar consciência da relevância de inter-relações CTS em educação em ciências contribuindo, assim, para reestruturar perspectivas de ensino-aprendizagem

Na **aula 2** os alunos-futuros professores responderam ao qd-pré-teste (Anexo II, p. 255-257), pelo que serviu para diagnosticar as ideias, crenças e atitudes dos alunos-futuros professores face a concepções consideradas importantes em educação em ciências.

A **aula 3** destinou-se a recolher informações sobre o que os alunos-futuros professores manifestavam saber sobre empreendimentos científicos, cientistas e inter-relações que se estabelecem entre ciências e tecnologia e o papel de cada uma na sociedade. Destinou-se ainda a recolher informações sobre os significados que atribuíam ao conhecimento científico, pedagógico-didático e suas inter-relações com competências profissionais. Para tal realizaram as actividades propostas nas **Fichas 1 e 2** (Anexo IV, p. 260-261).

As **aulas 4, 5, e 6** destinaram-se a promover reflexão epistemológica sobre assuntos particulares das ciências (a seguir explicitados), estimulando os alunos-futuros professores a responderem às questões das **Fichas 3 a 7** (Anexos IV, p. 262 a 266). Como se salientou (Capítulo II), é importante estimular reflexão epistemológica dos alunos-futuros professores (*e.g.* Silva e Duarte, 1997; Acevedo et al., 2004, 2005a, b, Pedrosa, 2000b), pois acredita-se que propiciará *“desempenhos docentes mais consentâneos com a natureza e processos de construção de conhecimento científico* (Pedrosa, 2000b, p. 39).

Os assuntos abordados envolveram:

- (i) Concepções sobre a NCs
- (ii) Aspectos relativos ao “ethos” das ciências contemporâneas (Santos, 1999) e à construção de conhecimento científico;
- (iii) Perspectivas de alfabetização científica;
- (iv) Mitos associados às ciências e ao aprender sobre ciências (Santos, 1999; McComas, 2005);
- (v) Aspectos cognitivos, processuais e formativos das ciências, nomeadamente, de educação *em, sobre e pelas* ciências (Santos, 1999).

As **aulas 7 e 8** destinaram-se a recolher dados relativos a percepções dos alunos-futuros professores sobre a integração de inter-relações CTS nas práticas lectivas de ciências e nos manuais escolares, desenvolvendo as actividades propostas nas **Fichas 8 e 9** (Anexos IV, p. 267 a 268).

Em relação à elaboração dos documentos utilizados, o *qd* e a *Ficha de caracterização dos aluno-futuros professores* foram elaborados pela investigadora-professora mobilizando conhecimentos construídos no seu percurso profissional, a **Ficha 1** (“Ciências, cientistas, tecnologia e sociedade”) foi elaborada a partir dos dados do “Special EUROBAROMETER 224” (EC, 2005), a **Ficha 2** (“Conhecimento científico, pedagógico e profissional do professor”) foi elaborada a partir de pesquisa bibliográfica (Sá-Chaves, 2000; Sá-Chaves e Alarcão, 2000), as **Fichas 3** (“Concepções sobre a

natureza das ciências”) e **4** (“Ethos das ciências contemporâneas e produção de conhecimento científico”) fundamentaram-se em pesquisa bibliográfica, pretendendo-se coerentes com ideias defendidas por Wandersee e Roach (2000), Santos (1999), McComas (2005) e Acevedo et al. (2004), enquanto a *grelha de leitura* e a *Ficha de presenças* foram adaptadas de documentos multimédia divulgados pela Porto Editora¹³. As **Fichas 5** (“Reflexões sobre valores, mitos e estereótipos de ciências”), **6** (“Dimensões do currículo escolar”), e **7** (“Dimensão formativa do currículo escolar, das áreas curriculares não disciplinares e ciência pura”) resultaram de informação seleccionada em Santos (1999) e as **Fichas 8** (“Categorias das ciências CTS”) e **9** (“Expectativas para um ensino de ciências do tipo CTS”) resultaram de informação seleccionada em Aikenhead (1994), Santos (1999) e Santos (2001). Por último, o *diário da investigadora-professora* foi elaborado a partir de informação seleccionada em Rebelo (2004).

O **bloco lectivo 2** (Tabela III.3.4., p. 111) foi estruturado com o intuito de criar as condições de aprendizagem propícios à concepção, implementação e avaliação de PI, de e com alunos-futuros professores, sob orientação da investigadora-professora, consonantes com conhecimentos e crenças que se pretendeu ajudar a (re)construir ao longo do bloco lectivo 1 e subsequentemente.

A Tabela III.3.4. (p. 111) apresenta a listagem das aulas do bloco lectivo 2, os recursos didácticos utilizados pela investigadora-professora e pelos alunos (**Fichas de 10 a 17**, Anexo IV, p. 269-280), bem como os sumários das aulas.

Em termos sumários, a **aula 9** destinou-se a criar o ambiente propício para os alunos-futuros discutirem temas sócio-científicos, analisarem criticamente informação veiculada pela imprensa escrita, *e.g.* relativa a alterações climáticas, contaminação ambiental, discutirem o impacto dos avanços científico-tecnológicos na protecção do ambiente, recorrendo a informação obtida em documentos, artigos de jornal ou documentos PowerPoint®, facultados pela investigadora-professora (Apêndice II), ou seleccionados pelos próprios. A título de exemplo, os alunos-futuros professores interpretaram dados contidos na literatura relativos à toxicidade, efeitos e persistência de alguns biocidas, o que lhes permitiu problematizar situações do dia-a-dia onde se utiliza este tipo de substâncias. A aula **9** serviu ainda para os alunos-futuros professores se envolverem na concepção e planeamento de PIs, em particular na selecção da temática a explorar, na formulação de questões (problemas) orientadoras do percurso a planear, na reflexão, decisão e partilha de pontos de vista com os colegas (Cachapuz et al., 2002), e no

¹³ Sítio da Porto Editora [Online 12/03/05]

delineamento dos seus próprios planos de investigação. Para apoiar os alunos na realização destas tarefas facultaram-se as **Fichas 10 e 11** (Anexo IV, p. 269 a 273).

Tabela III.3.4. Recursos utilizados pela investigadora-professora e pelos alunos e conteúdos sumariados e explorados nas aulas de Didáctica das Ciências, respeitantes ao bloco lectivo 2.

AUL A Nº	RECURSOS UTILIZADOS POR			CONTEÚDOS SUMARIADOS DAS AULAS DE DIDÁCTICA DAS CIÊNCIAS
	INVESTIGADORA-PROFESSORA		ALUNOS	
	<i>documentos de suporte</i>	<i>documentos de trabalho</i> (ANEXO IV, p. 269-280)	<i>documentos de apoio</i> (ANEXO V, p. 291-292)	
9	<div> <div> Diário da investigadora -professora (ANEXO VIII) </div> <div> Documento em PowerPoint® elaborado pela professora no âmbito de problemáticas ambientais (Apêndice II) </div> </div>	Ficha 10 Ficha 11	Doc. 18	Concepção de PI – selecção de temáticas, formulação de questões orientadoras do percurso, e delineamento dos planos de investigação. Análise de documentos de apoio ao PI (Ficha 10).
10		Ficha 11	Doc. 19, Doc. 20, Doc. 21, Doc. 22, Doc. 23, Doc. 24, Doc. 25 e Doc. 26	Reflexões sobre o PI concebido. Análise de documentos de apoio ao PI.
11		Ficha 12	Doc. 27, Doc. 28	Construção de mapas de conceitos (Ficha 12).
12		Ficha 13	-	Continuação do desenvolvimento do PI. Construção de um Vê de Gowin (Ficha 13).
13				Reflexão e eventual reformulação dos planos de investigação. Exposição ao grupo.
14		Ficha 14	-	Auto-análise sobre o PI (Ficha 14)
15		-	1º teste de avaliação à disciplina (Apêndice I)	Aplicação do 1º teste de avaliação à disciplina
16		-	-	Apresentação dos objectivos para o 2º semestre de aulas. Marcação de uma visita de estudo
17		-		Visita de estudo aos viveiros de São Jorge
18		Ficha 15		Promoção de reflexões sobre a visita de estudo (Ficha 15). Exposição dos PIs pelos alunos.
19		Ficha 16	-	TP, TE, TL, trabalho de campo, formulação do problema e hipótese. Distinção entre variáveis independente, dependente, e controlo
20	Ficha 17		Planeamento do TE. Análise e reflexão sobre o TE e a sua relação com a visita de estudo	

As aulas subsequentes, especificamente da **aula 10 à 20** (com a excepção da **aula 15**), destinaram-se a recolher dados sobre as percepções dos alunos-futuros professores

sobre relações entre os PIs e a construção de recursos heurísticos, a realização de visitas de estudo e o desenvolvimento de TE e TL. Para isso, os alunos-futuros professores realizaram as actividades propostas nas **Fichas** de **12** a **17** (Anexos IV, p. 274 a 280), participaram numa visita de estudo, analisaram documentos contendo a descrição de actividades realizadas com alunos do 2º ciclo (*recursos preparados para desenvolvimento das aulas* – Apêndice II) e visualizaram um documento PowerPoint® envolvendo TE com alunos do 5º ano de escolaridade (*recursos preparados para desenvolvimento das aulas* – Apêndice II). Visaram, pois, promover reflexão e, se necessário, reformular os planos de investigação.

Especificamente, as **Ficha 12** e **13** incluíram um conjunto de questões destinadas a auxiliar os alunos-futuros professores na construção de mapas de conceitos e Vês de Gowin. A utilização destes recursos heurísticos no planeamento dos percursos investigativos procura auxiliar “*não só no que fazer, como também e principalmente porque fazer*”, mobilizando e integrando “*conhecimento teórico e processual, bem como competências requeridas no desempenho das tarefas necessárias, com preocupação de rigor e eficiência*” (Pedrosa, 2000c, p. 25).

A **Ficha 14** incluiu um conjunto de questões destinadas a auxiliar os alunos em reflexões sobre a concepção e desenvolvimento do seu PI, e a **Ficha 15** foi preparada para os alunos-futuros professores fundamentarem e interligarem o contexto prático de aplicação de biologia e de biotecnologia, percebido na visita de estudo a um dos laboratórios de propagação clonal de plantas, com o contexto prático dos PIs a desenvolverem. Expressando ideias de Pedrosa (2000a): “*Aprendizagens significativas pressupõem o estabelecimento de inter-relações entre o mundo das ciências escolares, traduzidas em (novas) ligações entre aquele mundo e sistemas materiais exteriores à escola*” (Pedrosa, 2000a, p. 27), como por exemplo, “*na forma de visitas de estudo (...), adequadamente planeados, criando oportunidades para aproximar experiências e vivências dos alunos*” (Pedrosa, 2000a, p. 28).

Por último, com as **Fichas 16 e 17** pretendeu envolver-se os alunos-futuros professores em reflexões sobre TE e TL e sobre a relevância destes tipos de TP na exploração e resolução de questões e/ou problemas relacionados com temas actuais de ciências.

Na **aula 15** os alunos-futuros professores realizarem o 1º teste de avaliação à disciplina (Apêndice I).

As **Fichas 10 à 17**, com excepção da **Ficha 14**, foram elaboradas pela professora-investigadora com base em pesquisa bibliográfica. Assim, as **Fichas 10 e 11** (“Ficha-guia de construção de um PI”) e (“Ficha-guia de apoio à construção de um PI - continuação”)

foram elaboradas a partir da consulta de diversos documentos, designadamente Serra et al. (2000, p. 18-24), Dourado e Freitas (2000, p. 16-17) e Almeida (2000a, p. 40-45, 48-59), enquanto a **Ficha 12** (“Esquema-guia de mapa conceptuais”) e a **Ficha 13** (“Esquema-guia de construção de Vês de Gowin”) foram elaboradas com base em Novak e Gowin (1984) e Pedrosa (2000c). A **Ficha 14** (“Ficha de autoavaliação intermédia do desempenho no PI”) foi elaborada a partir de conhecimentos construídos pela investigadora-professora no seu percurso profissional e a **Ficha 15** (“Questionário de reflexão sobre a visita de estudo”) foi construída a partir de consulta bibliográfica (Monteiro, 1995; Pedrosa, 2000c). As **Fichas 16** (“Montagem de um protocolo”) e **Ficha 17** (“Definição das variáveis, do controlo, e dos procedimentos a utilizar no TP experimental”) resultaram dos conhecimentos construídos pela investigadora-professora nas suas pesquisas bibliográficas e reflexões sobre TP (*e.g.* Goldsworthy e Feasey, 1997; Leach et al., 1998 e Millar et al., 1998).

O bloco lectivo seguinte – **bloco lectivo 3** (Tabela III.3.5., p. 114) foi estruturado para criar condições necessárias à implementação e desenvolvimento da componente experimental dos PIs – TE e TL com algum grau de abertura (Watson, 1994) a iniciativas dos alunos-futuros professores e à (re)negociação de significados e (re)construção de conhecimentos e crenças sobre aspectos diversificados do TE e TL em ciências: *“pensamos que, analizando as concepciones de los alumnos sobre los trabajos de laboratório, contribuiremos a comprender y mejorar la enseñanza, en nuestro caso, de la biología”* (Álvarez e Carlino, p. 2004, p. 252).

A Tabela III.3.5. apresenta a listagem das aulas para o bloco lectivo 3, os recursos didáticos utilizados pela investigadora-professora e pelos alunos (**Fichas de 17 a 22**- Anexo IV, p. 280-288), bem como os sumários das aulas.

Na **aula 21**, com o auxílio da **Ficha 17** (Anexo IV, p. 280), os alunos-futuros professores elaboraram um plano experimental e reflectiram sobre problemas a investigar, hipóteses, variáveis independentes, dependentes e controlo a considerar nos TE/TL (TE desenvolvido no laboratório) e discutiram os seus pontos de vista.

Pretendeu assim, envolver-se os alunos-futuros professores em TE/TL com algum grau de abertura (Watson, 1994), visando estimular o desenvolvimento do sentido de responsabilidade, algum grau de autonomia na concepção, elaboração e condução de TE/TL, na organização e controlo do tempo, e ainda, na melhor percepção da natureza dos empreendimentos científicos (Abrams, 2000).

Tabela III.3.5. Recursos utilizados pela investigadora-professora e pelos alunos e conteúdos sumariados e explorados nas aulas de Didáctica das Ciências, respeitantes ao bloco lectivo 3.

AULA Nº	RECURSOS UTILIZADOS POR			CONTEÚDOS SUMARIADO DAS AULAS DE DIDÁCTICA DAS CIÊNCIAS
	INVESTIGADORA-PROFESSORA	ALUNOS		
		<i>documentos de trabalho</i> (ANEXO IV, p. 280-288)	<i>documentos de apoio</i> (ANEXO V, p.291-92)	
21	Diário da investigadora-professora (ANEXO VIII)	Ficha 17	-	Clarificação e partilha de ideias sobre o TE e TL a desenvolver por cada aluno – elaboração de um plano experimental
22		Ficha 17		Implementação do TE/TL por cada aluno. Reflexão e/ou redefinição do problema, hipótese(s), variáveis independente, dependentes e controlo (Ficha 17).
23				Continuação do desenvolvimento do TE/TL
24		-		Discussão da importância de aceitar erros como inerentes a actividades investigativas, bem como reflexões deles decorrentes, incentivando, assim, a prossecução dos PIs. Aprofundamento de alguns conteúdos envolvidos em cada TE/TL.
25		Ficha 18 Ficha 19		Análise da fiabilidade de actividades investigativas, incluindo planeamento, execução e registo de dados (Ficha 18 e Ficha 19).
26		Ficha 20	CNEB	Avaliação da conformidade, ou não, do TE planeado e implementado com as linhas orientadoras apresentadas no CNEB (DEB, 2001) (Ficha 20).
27		Ficha 21, Ficha 22.1. Ficha 22.2. Ficha 22.3	-	Reflexão em grupo sobre conteúdos de toxicologia e biotecnologia vegetal envolvidos nos PIs e consulta de bibliografia para aprofundamento de alguns assuntos. Reformulação pelos alunos do mapa de conceitos e do Vê de Gowin relativo ao PI. Debate em grupo sobre aspectos específicos envolvidos em TE (Ficha 21), questionamento e debate sobre diversas modalidades de TE (Ficha 22.1.), do que se aprende com TE (Ficha 22.2.) e de formas de avaliação de TE (Ficha 22.3.)

Nas **aulas 22 e 23** os alunos-futuros professores implementaram os seus planos experimentais utilizando materiais disponíveis no laboratório do Instituto, ou providenciados pela professora e/ou pelos próprios alunos. Reflectiram sobre a necessidade de redefinirem as hipóteses, variáveis e/ou controlos.

Na **aula 24** os alunos-futuros professores reflectiram e discutiram sobre a importância de aceitar erros como inerentes a actividades investigativas, incentivando-se, assim, a prossecução dos PIs. Destinou-se ainda ao aprofundamento de alguns conteúdos envolvidos em cada TE/TL. Na **aula 25** os alunos-futuros professores reflectiram sobre a fiabilidade das actividades práticas investigativas, incluindo o seu processo de planeamento, execução e registo de dados, facultando-se para isso, as **Fichas 18 e 19** (Anexo IV, p. 280-281). Atente-se que se utilizou o termo “fiabilidade”, em sentido lato, e não no sentido mais comum e restrito, em que se refere a rigor de medidas de diversos parâmetros (Bergemeyer, 1974).

Na **aula 26** os alunos-futuros professores avaliaram a conformidade, ou não, do TE planeado e implementado com as linhas orientadoras apresentadas no CNEB (DEB, 2001) facultando-se para isso a **Ficha 20** (Anexo IV, p. 284).

A **aula 27** destinou-se a aprofundar alguns conteúdos de toxicologia e biotecnologia envolvidos nos PIs (toxicidade de plantas e cultura *in vitro* de plantas) e a consulta de bibliografia para aprofundamento de alguns assuntos. Destinou-se ainda a estimular os alunos-futuros professores a (re)formularem o mapa de conceitos e o Vê de Gowin, e a reflectirem em grupo sobre aspectos específicos envolvidos em TE (e.g. a natureza dos resultados científicos), desenvolvendo para isso, as actividades propostas nas **Fichas 21, 22.1., 22.2. e 22.3** (Anexo IV, p. 285-288).

A **Ficha 18** (“Fiabilidade do TE de cariz investigativo e seu planeamento”) e a **Ficha 19** (“Registo de dados do TE”) fundamentaram-se em informação seleccionada em pesquisa bibliográfica, em particular, nas ideias defendidas por Goldsworthy e Feasey (1997).

As **Fichas 20** (“TP desenvolvido e sua relação com as orientações propostas pelo CNEB”) e **21** (“Aspectos específicos envolvidos em trabalho experimental”) fundamentaram-se em informação seleccionada em pesquisa bibliográfica, em particular, ideias defendidas por Leach et al., 1998¹⁴.

A **Ficha 22.1** (“Modalidades de TE”) fundamentou-se em informação seleccionada em pesquisa bibliográfica (Millar et al., 1998)¹⁵ e as **Fichas 22.2** (“O que se aprende com TE”) e **22.3** (“Avaliação de TE”) fundamentaram-se em informação seleccionada em pesquisa bibliográfica (Alvarez e Carlino, 2004).

O último bloco lectivo – **bloco lectivo 4** envolveu as quatro últimas aulas, e circunscreveu-se à avaliação da intervenção (Tabela III.3.6., p. 116).

Na **aula 28** os alunos-futuros professores expuseram ao grupo o protocolo de TE reformulado. Na **aula 29**, reflectiram sobre características e produção de conhecimento científico, bem como concepções de inter-relações entre conhecimento científico disciplinar, pedagógico-didáctico, aspectos de NCs, perspectivas de PI e TE e de integração de inter-relações CTS em ensino de ciências, realizando para tal, as actividades propostas nas **Fichas 23** (Anexo IV, p. 289) e **24** (Anexo IV, p. 290).

Tabela III.3.6. Recursos utilizados pela investigadora-professora e pelos alunos e conteúdos sumariados e explorados nas aulas de Didáctica das Ciências, respeitantes ao bloco lectivo 4.

¹⁴ <http://www.cordis.lu/> [Online 20/03/03]

¹⁵ <http://www.cordis.lu/> [Online 20/03/03]

AULA Nº	RECURSOS UTILIZADOS POR		CONTEÚDOS SUMARIADO DAS AULAS DE DIDÁCTICA DAS CIÊNCIAS
	INVESTIGADORA-PROFESSORA	ALUNOS	
		<i>documentos de trabalho</i>	
28	<i>Diário da investigadora-professora</i> (ANEXO VIII, p. 295-296)	-	Exposição pelos alunos-futuros professores do protocolo experimental reformulado.
29		Ficha 23 Ficha 24 (ANEXO IV, p. 289-290)	Reflexão sobre características e produção de conhecimento científico (Ficha 23), bem como concepções de inter-relações entre conhecimento científico disciplinar, pedagógico-didáctico, aspectos de NCs, perspectivas de PI e TE e de integração de inter-relações CTS em ensino de ciências (Ficha 24).
30		<i>qd</i> - pós-teste (Anexo II, p. 255-257)	Reflexão sobre concepções consideradas importantes em educação em ciências (qd-pós-teste).
31		-	Solicitação aos alunos-futuros professores de um relatório, por escrito, sobre a relevância do percurso de formação desenvolvido nas suas vidas profissionais futuras, em particular sobre i) os conteúdos de biologia abordados, ii) a exploração destes com os seus futuros alunos, iii) as metodologias utilizadas e iv) a utilização destas metodologias nas aulas com os seus futuros alunos. Exposição ao grupo dos relatórios escritos sobre o PI desenvolvido e discussão de ideias.
32		2º teste de avaliação à disciplina de Didáctica das Ciências (Apêndice I)	Aplicação do 2º teste de avaliação

Na **aula 30** os alunos-futuros professores responderam ao qd-pós-teste (Anexo II, p. 255-257) e na **aula 31** reflectiram sobre os conteúdos de biologia e biotecnologia vegetal abordados nos PIs, a exploração destes conteúdos com os seus futuros alunos, as metodologias utilizadas e a utilização destas metodologias com os seus futuros alunos, redigindo para isso, um relatório escrito. Apresentaram ainda, ao grupo, o relatório escrito do PI desenvolvido, discutindo os seus pontos de vista.

Na **aula 32** os alunos-futuros professores responderam ao 2º teste de avaliação à disciplina (Apêndice I).

A **Ficha 23** (“Reflexões sobre conhecimento científico”) foi elaborada a partir de informação seleccionada em pesquisa bibliográfica (McComas, 2005)¹⁶; Meichtry, 1998)¹⁷ e a **Ficha 24** (“Concepções de inter-relações entre conhecimento científico disciplinar, pedagógico-didáctico, aspectos de NCs, perspectivas de PI e TE e de integração de inter-relações CTS em ensino de ciências”) a partir de conhecimentos construídos pela investigadora-professora, incluindo os desenvolvidos no contexto da intervenção.

¹⁶ <http://www.scienceeducation.org> [Online 20/03/03]

¹⁷ <http://gamet.acsn.fsu.edu/~ndavis/SCE5140/download/meichtry.html> [Online 20/03/03]

Atente-se que na Ficha 24, se utilizou o termo “Conhecimento de conteúdo pedagógico”, no sentido mais amplo do termo ao pretender-se incluir diversas dimensões de conhecimento, como conhecimento científico disciplinar e pedagógico-didático. Também se utilizou, na mesma Ficha, o termo “Natureza da ciência”, no sentido também amplo do termo, ao se pretender englobar diversos aspectos da NCs.

III.3.4. AVALIAÇÃO DA INTERVENÇÃO – OPÇÕES METODOLÓGICAS

A avaliação da intervenção apoiou-se numa análise interpretativa e categorial dos resultados obtidos e recolhidos nas aulas (Lopes et al., 2006), atendendo a duas categorias apresentadas a seguir. Esta análise não pretendeu envolver todas as opiniões, juízos de valor e concepções dos alunos-futuros professores relativamente à reformulação de crenças, valores e atitudes acerca dos conteúdos explorados na intervenção, mas sim seleccionar somente aquelas que, pela sua relevância, traduzem o envolvimento efectivo dos alunos na intervenção.

Apresentam-se em seguida, as duas categorias de análise propostas, designadamente:

Categoria I) recolha, análise e discussão de dados e informações em torno da identidade profissional dos alunos-futuros professores (Nascimento, 2007).

Na definição desta categoria, importou considerar duas componentes, uma relacionada com imagens que têm da profissão e de si como profissionais, e outra relacionada, com o processo de socialização profissional dos alunos-futuros professores e das interacções que estabelecem no contexto de trabalho (*ibid.*).

Em termos genéricos, esta categoria apoiou-se em três (sub)dimensões: motivacional, representacional e socioprofissional (*ibid.*) (Figura III.3.3., p. 118). Especificamente, enquanto a dimensão motivacional incide na escolha da docência como profissão e motivação para a mesma, a representacional relaciona-se com as imagens da profissão docente e de si como professor, e a socioprofissional baseia-se fundamentalmente nos processos de sociabilidade e relacionamento com os outros (*ibid.*).

COMPONENTES DA IDENTIDADE PROFISSIONAL DO ALUNO-FUTURO PROFESSOR

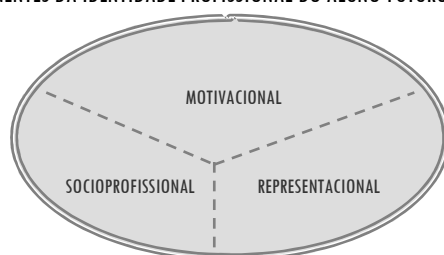


Figura III. 3.3. Identificação das componentes subjacentes à dimensão identidade profissional do aluno-futuro professor, com base em Nascimento (2007).

Nesta perspectiva e de acordo com a categoria definida, os alunos-futuros professores foram avaliados atendendo às seguintes dimensões:

- 1) motivacional: i) escolha e motivações para a docência, ii) expectativas para a disciplina, iii) assiduidade;
- 2) representacional: i) percepção do papel e perfil docente e ii) de si como professor;
- 3) socioprofissional

Categoria II) recolha, identificação, análise e discussão de dados e informações acerca das concepções, crenças e atitudes dos alunos-futuros professores e possíveis mudanças/reformulações dessas concepções, crenças e atitudes ao longo da intervenção relativos a um conjunto de dimensões e subdimensões teóricas definidas na Tabela III.3.7.

Tabela III.3.7. Descrição das dimensões e subdimensões da categoria II

	DIMENSÕES:	SUBDIMENSÕES:
CATEGORIA II	Ciências, cientistas, tecnologia e sociedade	
	Aspectos epistemológicos relevantes no ensino das ciências e NCs	a) Significados atribuídos ao conhecimento científico, pedagógico e profissional b) NCs, “ethos” das ciências c) Mitos associados às ciências e à produção de conhecimento científico d) Educação em, sobre e pelas ciências
	Inter-relações CTS em educação em ciências	
	Desafios na formação inicial de professores	a) Aprender investigando, investigar para aprender na formação inicial e autoformação docente: concepção e desenvolvimento de PIs com componentes de TE e TL. b) Reflexão sobre a acção: Concepções de inter-relações entre conhecimento científico disciplinar, pedagógico-didático, aspectos de NCs, perspectivas de PI e TE e de integração de inter-relações CTS em ensino de ciências

Para análise destas categorias utilizaram-se os seguintes instrumentos de recolha de dados:

1. A *Ficha de caracterização dos alunos*
2. qd (pré e pós-teste)
3. A *Ficha de presenças*
4. Observação
5. O *diário da investigadora-professora*
6. As **Fichas 1 a 24**
7. O relatório final redigido por cada aluno acerca do PI desenvolvido.
8. Respostas dos alunos ao 1º e 2º teste de avaliação na disciplina¹⁸

Dos instrumentos referidos, falta apenas justificar a observação como instrumento de recolha de dados.

Como se tratou de um estudo de caso e de uma investigação-acção, recorreu-se à observação passiva, descritiva: *“registo passivo do comportamento dos participantes”*, e à observação directa e experimental onde *“o observador pode provocar uma situação precisa e observar o comportamento dos indivíduos face a esta modificação no ambiente”* (Fortin et al., 2003, p. 242). Os dados e informações obtidos nos momentos de observação foram, posteriormente, anotados e registados no *diário da investigadora-professora*, sem, contudo, descuidar a ideia de que os dados e informações recolhidas são sempre *moldados “pelas perspectivas e posições teóricas do investigador e pelas ideias que este partilha acerca do assunto”* (Santos, 2002, p. 87)

A observação experimental ocorreu, particularmente em momentos onde se proporcionou o diálogo, questionamento, reflexão e desenvolvimento de juízos de valor entre pares, sem recurso a qualquer guião de observação rígido e objectivo.

Toda a avaliação se pautou pela análise do desempenho individual de cada aluno-futuro professor, incidindo na identificação de aspectos comuns e distintos entre os alunos, bem como na análise de como estes se modificavam no decurso da intervenção.

Especificamente, para análise de cada categoria, dimensões e subdimensões utilizaram-se um ou mais instrumentos de recolha de dados, como a seguir se explicita (Tabela III.3.8.).

¹⁸ A utilização do 1º e 2º teste de avaliação como fonte de recolha de dados serviu apenas para esclarecer algumas dúvidas e ideias recolhidas nos outros instrumentos.

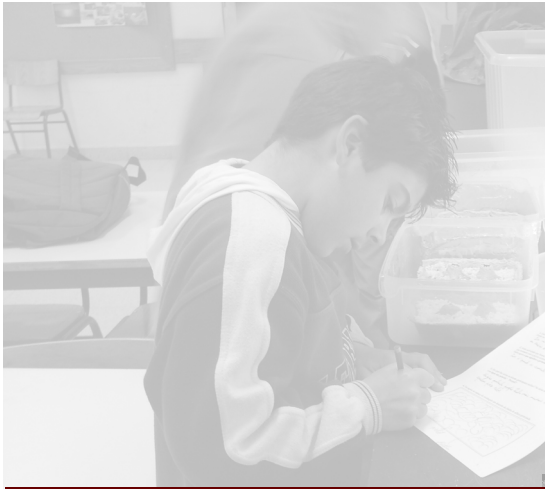
Tabela III.3.8. Articulação entre as categorias, dimensões, subdimensões de análise e os instrumentos de recolha de dados utilizados.

CATEGORIAS	DIMENSÕES	SUBDIMENSÕES	INSTRUMENTOS DE RECOLHA DE DADOS
I: Identidade docente	1) Motivacional:	a) Escolha da docência como profissão; b) motivação para a mesma; c) expectativas e d) assiduidade	<i>Ficha de caracterização dos alunos-futuros professores</i> <i>diário da investigadora-professora</i> <i>Ficha de presenças</i> observação pré-teste
	2) representacional:	a) percepção do papel e perfil docente e b) de si como professor	
	3) socioprofissional		
II: Concepções e reformulação de concepções acerca do ensino e aprendizagem de temáticas de biologia para o mundo contemporâneo	Ciências, cientistas, tecnologia e sociedade		Ficha 1, pré e pós-teste
	Aspectos epistemológicos relevantes no ensino das ciências e NCs	Significados atribuídos ao conhecimento científico, pedagógico e profissional	Ficha 2
		NCs, “ethos” das ciências	Ficha 3 e 4
		Mitos associados às ciências e à produção de conhecimento científico	Ficha 5
		Educação em, sobre e pelas ciências	Fichas 6 e 7
	Inter-relações CTS em educação em ciências		Fichas 8 e 9
	Desafios na formação inicial de professores	Concepção de PI: selecção do objecto de estudo, problematização	Fichas 10 e 11
		Aprender investigando, investigar para aprender na formação inicial e auto-formação docente:	Fichas 11 a 15
		Desenho do plano de investigação, relações entre PI s e recursos heurísticos e PIs e visitas de estudo	
		Desenvolvimento de TE/TL	Ficha 16 à 22
		Reflexão sobre a acção: - Concepções de inter-relações entre conhecimento científico disciplinar, pedagógico-didáctico, aspectos de NCs, perspectivas de PI e TE e de integração de inter-relações CTS em ensino de ciências	Pós-teste Ficha 23 e 24

Após a análise categorial dos dados recolhidos com os instrumentos referidos, procedeu-se a uma avaliação por triangulação de dados, atendendo a que a “*triangulação é uma técnica muito útil como processo de reforço da validade da mesma*” (Santos, 2002, p. 77). Esta triangulação resultou do confronto e análise dos dados de observação directa e experimental, das reflexões e apreciações da investigadora-professora redigidas nos seus documentos designadamente, nas *Fichas de caracterização dos alunos-futuros professores*, *Ficha de presenças*, no *diário da professora*, nas opiniões e relatos dos alunos descritos no *qd* e **Fichas**, ou proferidos oralmente em cada aula, e no relatório redigido por cada aluno, dando particular relevo à planificação do PI e às reflexões nele expressas.

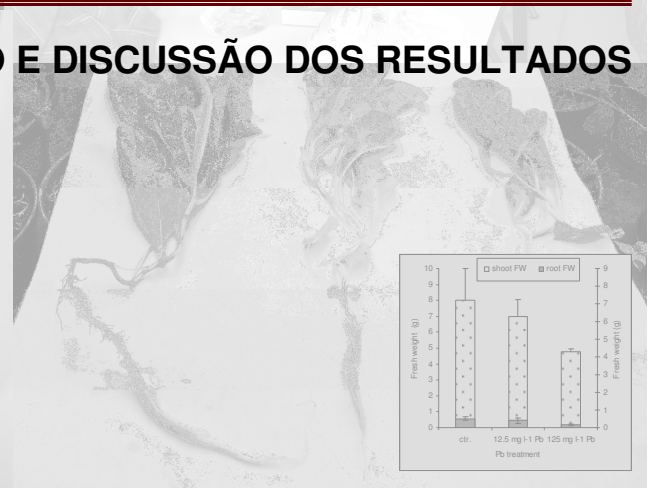
A validação interna do estudo teve por base esta triangulação de dados, resultando daí uma análise aprofundada e descritiva da informação semanalmente recolhida (Altet, 2000).

Saliente-se que, pelo facto de se ter trabalhado com uma amostra reduzida de alunos e de se tratar uma investigação qualitativa, atendendo à extensão da intervenção e dos conteúdos teóricos a explorar, optou-se por omitir do processo de avaliação da intervenção alguns parâmetros envolvidos no trabalho efectuado, nomeadamente, as reflexões dos alunos em relação à inclusão, ou não, de inter-relações CTS nos manuais do 5º ano de escolaridade, (uma das questões do *qd*). Pretendeu, assim, evitar-se dispersão, morosidade e maior subjectividade na triangulação dos dados obtidos, assumindo que *“a subjectividade pode existir não só na recolha dos dados, mas também as diferentes perspectivas teóricas dos investigadores modelam a forma como os abordam, consideram e lhes dão sentido”* (Santos, 2002, p. 87).



CAPÍTULO IV

DESCRIÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS



IV.1. AUTOFORMAÇÃO EM BIOLOGIA E BIOTECNOLOGIA

IV.1.1. INTRODUÇÃO

Tendo em conta um dos objectivos específicos propostos, designadamente “Autoformação em biologia e biotecnologia numa perspectiva investigativa”, nas secções 4.2., e 4.3. apresentam-se e analisam-se os resultados obtidos nos projectos *Toxicidade do chumbo em alface* e *Micropropagação de zimbro*.

IV.1.2. TOXICIDADE DO CHUMBO EM ALFACE

Os resultados obtidos na sequência da exposição de plantas de alface a 12,5 e 125 mg L⁻¹ de chumbo (Capítulo III, secção 2.2.1.2.2., p. 73) mostram uma clara redução do crescimento das plantas e clorose foliar (Fig. IV.1.). Estes efeitos foram mais evidentes nas plantas expostas à concentração mais elevada de chumbo. (Fig IV.2., p. 114).

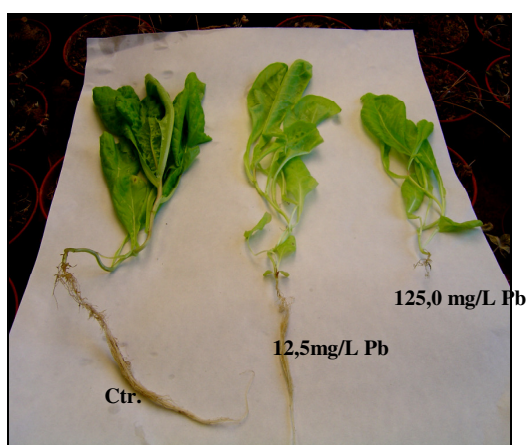


Figura IV.1.: Efeito da exposição das plantas de alface a 12,5 e 125,0 mg L⁻¹ de chumbo no comprimento da porção aérea e na cor das folhas (clorose) de *Lactuca sativa* L.

Numa análise mais detalhada, e relativamente à raiz, os resultados demonstraram que as raízes responderam rapidamente à imersão em ambientes com chumbo, pela redução no seu comprimento (Figuras IV.1. e 2) e por modificação do padrão de ramificação, sendo a raiz principal muito mais afectada no seu desenvolvimento e extensão do que as raízes laterais. Neste sentido, Obroucheva et al. (1998) referem que para baixas concentrações de chumbo o desenvolvimento e extensão da raiz principal são normalmente mais

afectados do que o desenvolvimento das raízes laterais (Figura IV.2.). Outros autores observaram ainda que a inibição do crescimento das raízes pelo chumbo é consequência da inibição da divisão celular na extremidade da raiz (Eun et al., 2000).

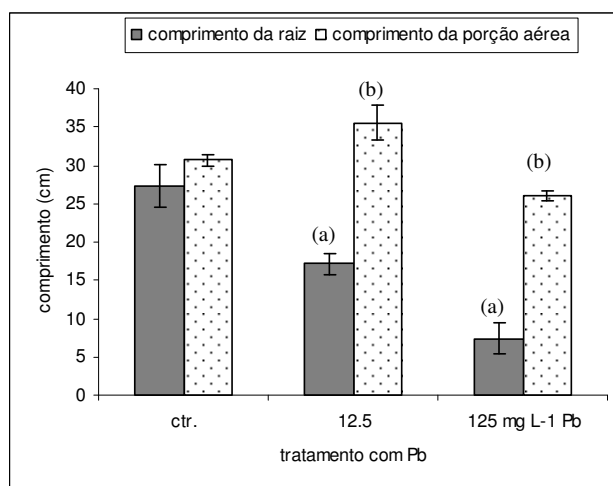


Figura IV.2.: Parâmetros de crescimento de *Lactuca sativa* L. após 15 dias. Símbolos (a) e (b) indicam diferenças significativas entre os grupos de controlo (ctr) e de plantas tratadas com chumbo.

Nos ensaios onde foi utilizada uma concentração superior de 125 mg L⁻¹ de chumbo a barreira gerada pela endoderme pode ter sido danificada e o chumbo passou para os tecidos vasculares atingindo a porção aérea. Esta alteração pode explicar a rápida resposta das raízes ao chumbo absorvido, apresentando uma redução no peso seco e no peso fresco (Figuras IV.3. e IV.4., p. 129). Está bem documentado que o chumbo se desloca na raiz, sobretudo pela via apoplástica, acumulando-se junto à endoderme, que actua como uma barreira da transferência de chumbo da raiz para a porção aérea, justificando, assim, a maior acumulação de chumbo na raiz face à porção aérea (Sharma e Dubey 2005). Contudo, esta barreira é apenas parcial uma vez que o chumbo pode ter também uma circulação via simplasto. De facto provou-se que elevadas concentrações de chumbo levam à destruição celular afectando o funcionamento do plasmalema e do tonoplasto como barreiras semipermeáveis (Sharma e Dubey 2005).

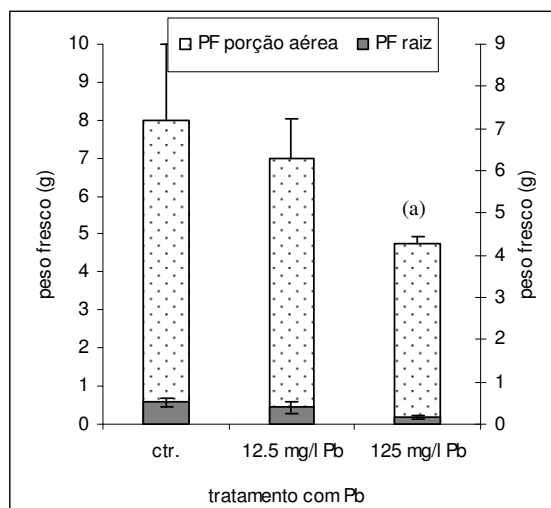


Figure IV.3.: Peso fresco de *Lactuca sativa* L. após 15 dias de exposição a 12,5 e 125 mg L⁻¹ de chumbo. (a) indica diferenças significativas entre os grupos de controle (ctr) e de plantas tratadas com chumbo.

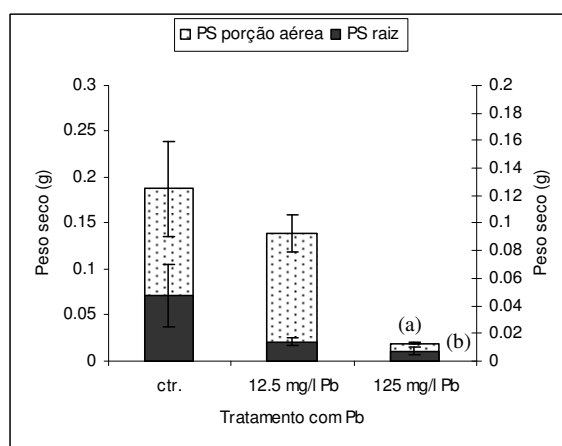


Figure IV.4.: Peso seco de *Lactuca sativa* L. após 15 dias de exposição a 12,5 e 125 mg L⁻¹ de chumbo. (a) e (b) indicam diferenças significativas entre os grupos de controle (ctr) e de plantas tratadas com chumbo.

O Pb acumulou-se principalmente nas raízes das alfaces (cerca de 90% de Pb total) (Tabelas IV.1.a e b, p. 130-131), mostrando que a alface é uma planta excludora deste elemento. Outros estudos com metais pesados e com outras espécies (*Lolium perenne*) mostraram resultados semelhantes (Baker, 1981), sugerindo que se trata de uma espécie excludora (Jones et al., 1973). Contrariamente, algumas espécies apresentam a capacidade de acumular Pb [e.g. (hiper)acumuladoras] (Huang e Cunningham, 1996) e dentro destas, por exemplo, *Thlaspi caerulescens* e *Brassica juncea* apresentam grande interesse em estratégias de fitorremediação.

No que concerne ao conteúdo em nutrientes minerais, apenas o potássio (na raiz e porções aéreas) e o ferro (na raiz) diminuíram significativamente na presença de chumbo após 15 dias (Tabela IV.1.a e b).

Tabela IV.1.a Efeito da exposição a 12,5 e 125,0 mg L⁻¹ de chumbo nas porções aéreas de *L. sativa*, em termos de conteúdos (mg g⁻¹ PS) em nutrientes minerais e chumbo, representados pelos símbolos químicos dos respectivos elementos. Os valores são expressos na forma de média ± erro padrão; (a) indica diferenças significativas entre os grupos de controlo (ctr) e de plantas tratadas com chumbo. (n = 3)

Conteúdo em chumbo e nutrientes minerais da porção aérea	Dia 7			Dia 15		
	Ctr.	12,5 mg L ⁻¹ Pb	125,0mg L ⁻¹ Pb	Ctr.	12,5 mg L ⁻¹ Pb	125,0mg L ⁻¹ Pb
Pb	0,0±0.0	0,0±0.0	0,116±0.021	0,0±0.0	0,032±0.018	0,193±0.017 a
P	8,140±0.524	10,258±0.202	7,684±0.659	8,906±0.846	3,768±2.095	3,736±1.317
Mg	7,244±0.278	6,178±0.837	6,451±0.260	5,324±0.736	2,844±1.580	4,256±1.692
Ca	20,777±0.729	20,774±3.527	28,1±3.762	16,027±2.508	7,453±3.989	12,434±5.454
K	50,237±4.247	58,224±5.289	48,428±2.977	45,157±6.657	21,657±12.000	33,772±15.253a
Zn	0,189±0.014	0,259±0.031	0,251±0.075	0,157±0.017	0,087±0.047	0,12±0.060
Fe	3,526±2.507	3,045±0.914	0,564±0.041	2,296±1.755	2,453±1.170	1,229±1.142 a
Mn	0,532±0.078	0,367±0.053	0,195±0.017	0,242±0.033	0,293±0.140	0,186±0.109
Cu	0,045±0.007	0,047±0.002	0,035±0.004	0,039±0.006	0,018±0.009	0,018±0.008

Em particular, o aumento do fluxo de iões K⁺ (neste caso, saída), pode estar relacionado com a abertura e fecho de canais iónicos, os quais dependem para a sua activação da presença de determinados catiões (*e.g.* metais) como é assinalado por Murphy e Taiz (1997).

Por sua vez, os resultados sugerem uma diminuição de iões Fe³⁺ nas raízes de *L. sativa* sujeita ao stress com chumbo. O mesmo sucede para as raízes de pepino onde o chumbo levou a sinais de deficiência de ferro (Seregin e Ivanov, 2001). Esta deficiência de Fe sugere uma competição na absorção dos dois catiões. Alcantara et al. (1994) acrescentam ainda que esta diminuição dos níveis de Fe pode estar relacionada com a diminuição da actividade da enzima Fe(III) reductase. No entanto ainda não está claro que fenómenos actuam primariamente levando à diminuição dos níveis de ferro na raiz, pelo que ensaios complementares necessitam de ser efectuados para compreender melhor as interacções que ocorrem entre este elemento e outros (Siedlecka, 1995).

Tabela IV.1.b Efeito da exposição a 12,5 e 125,0 mg L⁻¹ de chumbo nas raízes de *L. sativa*, em termos de conteúdos (mg g⁻¹ PS) em nutrientes minerais e chumbo, representados pelos símbolos químicos dos respectivos elementos. Os valores são expressos na forma de média \pm erro padrão; (a) indica diferenças significativas entre os grupos de controlo (ctr) e de plantas tratadas com chumbo. (n = 3)

Conteúdo em chumbo e nutrientes minerais nas raízes	Dia 7		Dia 15	
	Ctr.	125,0 mg L ⁻¹ Pb	Ctr.	125,0 mg L ⁻¹ Pb
Pb	0,142\pm0.103	62,703\pm12.58a	0,087\pm0.021	67,267\pm38.58 a
P	14,962\pm2.354	16,573\pm1.385	11,769\pm1.481	10,056\pm2.352
Mg	3,987\pm2.354	2,933\pm0.049	1,736\pm0.364	1,531\pm0.461
Ca	22,977\pm5.883	19,107\pm2.019	11,407\pm1.107	8,716\pm2.397
K	49,508\pm11.796	28,816\pm1.793a	42,056\pm3.795	37,904\pm5.534 a
Zn	0,270\pm0.032	0,251\pm0.050	0,447\pm0.054	0,198\pm0.028
Fe	3,074\pm0.483	4,776\pm1.920	4,187\pm0.420	1,386\pm0.205 a
Mn	0,412\pm0.259	0,151\pm0.036	0,859\pm0.252	0,282\pm0.071
Cu	0,165\pm0.088	0,159\pm0.024	0,292\pm0.082	0,157\pm0.054

Relativamente à peroxidação dos lípidos, expressa pelo conteúdo em malondialdeído (MDA, nmol g⁻¹PF⁻¹), foi observada uma alteração considerável na presença de chumbo, tendo sido significativa no dia sete para as raízes e no dia 15 para as porções aéreas (Tabela IV.2., p. 133). Estes resultados sugerem que o chumbo danifica os ácidos gordos, como se evidencia por este aumento significativo na concentração de MDA, indicativo do aumento de peroxidação nos lípidos. De facto, a peroxidação dos lípidos traduz-se numa reacção em cadeia onde os ácidos gordos insaturados são convertidos em vários fragmentos pequenos de hidrocarbonetos, como é o caso do malondialdeído (Girotti, 1985; Kappus, 1985). Uma vez que os lípidos são os principais constituintes das membranas celulares, um aumento da peroxidação lipídica traduzir-se-á numa consequente perda de integridade membranar.

Nesta perspectiva, a senescência das raízes de alface terá ocorrido nas plantas sujeitas a stress de chumbo, mais cedo do que nas plantas controlo, dado os valores de MDA das plantas sob stress serem significativamente superiores aos valores das plantas controlo. Para Halliwell e Gutteridge (1999), estes danos nas membranas podem estar relacionados com um aumento da peroxidação dos lípidos membranares, devido à acção da lipoxigenase ou por acção de radicais livres bastante tóxicos [e.g. radical superóxido (O₂⁻), peróxido de hidrogénio (H₂O₂)] causando senescência. Como é referido por vários autores, a peroxidação desestabiliza as membranas celulares, tornando-as mais expostas à perda de iões (e.g. De Vos et al., 1992). Assim, a peroxidação afecta severamente a integridade e a funcionalidade das membranas celulares e pode levar a danos irreversíveis nas funções celulares (Halliwell e Gutteridge, 1999).

Adicionalmente, a modificação dos fosfolípidos membranares pode alterar as interacções específicas entre estes e as proteínas intrínsecas da membrana, essenciais para a manutenção da integridade membranar diminuindo assim a capacidade das células manterem o equilíbrio iónico intermembranar (Triverdi e Erdei, 1992). Também, Hernandez e Cooke (1997) e Jones e Kochian (1997) afirmaram que diversos iões metálicos são conhecidos por causar a peroxidação dos lípidos das membranas plasmáticas e das membranas dos cloroplastos (especificamente membranas dos tilacoides).

Pelos resultados obtidos, o aumento significativo do conteúdo em proteínas solúveis, após 7 dias de exposição a 125mg L^{-1} de chumbo (Tabela IV.3., p. 134) poderá estar associado a alterações na integridade membranar como foi referido anteriormente. Hashimoto et al. (1989) sugerem que este aumento poder-se-á dever à desintegração das proteínas membranares (*e.g.*, por reacções secundárias com os aldeídos resultantes da peroxidação dos lípidos), normalmente insolúveis.

Tabela IV.2. Efeito da exposição a 12,5 e 125,0 mg L⁻¹ de chumbo no conteúdo em MDA na raiz e nas porções aéreas. Os valores são expressos como média ± erro padrão; (a) indica diferenças significativas entre os grupos de controlo (ctr) e de plantas tratadas com chumbo (n=4).

Conteúdo em MDA		Raizes									Porções aéreas								
		Dia 1			Dia 7			Dia 15			Dia 1			Dia 7			Dia 15		
Pb mg L ⁻¹	ctr	12,5	125,0	ctr	12,5	125,0	ctr	12,5	125,0		ctr	12,5	125,0	ctr	12,5	125,0	ctr	12,5	125,0
MDA(nmol g ⁻¹ Fw ⁻¹)	0,61±0,01	0,60±0,01	0,74±0,00	1,06±0,01	0,86±0,01	0,71±0,01 a	0,89±0,04	0,52±0,01	0,88±0,01		0,68±0,05	0,50±0,09	0,58±0,01 a	0,70±0,01	0,69±0,01	0,71±0,00	0,6±0,01	2,13±0,01 a	2,28±0,03 a

Tabela IV.3. Efeito da exposição a 12,5 e 125,0 mg L⁻¹ de chumbo no conteúdo em proteínas solúveis, clorofila *a*, *b* e clorofila *a:b*. Os valores são expressos como média ± erro padrão; (a) indica diferenças significativas entre os grupos de controlo (ctr) e de plantas tratadas com chumbo (n=4).

		Dia 1			Dia 7			Dia 15		
Parâmetros relativos à porção aérea (mg L ⁻¹ Pb)		ctr	12,5	125,0	ctr	12,5	125,0	ctr	12,5	125,0
<i>Clorofilas e razão entre clorofila a:b</i>	Proteínas solúveis	188,143±25,99	291,883±21,60	194,503±55,14	148,7±11,2	166,9±22,9	284,9±43,1 a	318,09±42,88	426,02±115,59	269,16±19,4
	Cl <i>a</i>	314,44±20,38	288,93±37,5	231,21±14,32	189,95±8,94	198,64±15,7	181,34±24,82	146,19±5,1	141,77±11,2	120,60±10,21
	Cl <i>b</i>	118,51±8,75	184,927±19,01	95,99±10,21 a	56,33±2,28	59,28±5,19	56,11±8,11	58,30±4,43	62,28±2,87	65,15±3,95
	Cl <i>a + b</i>	432,97±10,92	473,86±44,30	327,21±28,67 a	246,28±11,15	257,90±20,91	237,45±32,87	204,50±7,07	204,05±12,54	185,75±13,79
	Cl <i>a:b</i>	2,66±0,44	1,59±0,21	2,54±0,07	3,37±0,08	3,35±0,04	3,24±0,04	2,55±0,01	2,28±0,16	1,85±0,220 a

No que se refere à diminuição do conteúdo em clorofilas (Tabela IV.3.), esta corresponde a um efeito típico da exposição a ambientes com chumbo, identificada pela clorose observada nas plantas expostas a chumbo (Fig. IV.1). Luna et al. (1994), Gallego et al. (1996) e Moustakas et al. (1997) corroboram esta ideia quando referem que a degradação das clorofilas e dos carotenóides é comum em plantas expostas a concentrações elevadas de vários metais pesados. Em particular, como os resultados demonstram, a clorofila *b* é normalmente mais afectada do que a clorofila *a*. Saliente-se que a síntese e degradação de clorofila *b* implica a transformação intermédia em clorofila *a*, o que pode justificar estes efeitos diferenciados nas clorofilas *a* e *b*.

Para Seregin e Ivanov (2001) e Prasad (1997), a diminuição do conteúdo em clorofilas deve-se, provavelmente, à inibição das enzimas de síntese das clorofilas mais do que a uma deficiência em nutrientes (*e.g.* de magnésio). Stobart et al. (1985) corroboram esta ideia ao afirmarem que, em plantas expostas a metais, podem ocorrer modificações na composição ou na estrutura dos tilacoides ou ocorrer a inibição das enzimas envolvidas nos metabolismos precursores da clorofila (*e.g.* síntese do ácido aminolevulínico). De facto, a clorose das folhas observada após 15 dias de exposição ao chumbo (Figura IV.1.) e, simultaneamente, a diminuição da relação clorofilas *a:b* podem estar associadas aos efeitos do stress oxidativo sobre as membranas tilacoidais.

Em relação ao conteúdo hídrico, as plantas sujeitas ao tratamento com chumbo apresentaram uma diminuição deste conteúdo, em particular no dia 15 em porções aéreas (Figura IV.5.a e b). No mesmo dia, a osmolalidade apresentou um aumento, embora não estatisticamente significativo (Figura IV.6.).

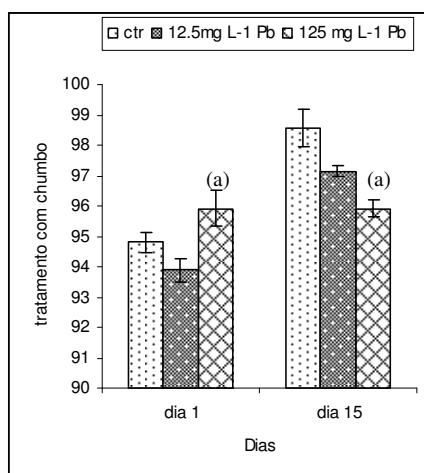


Figura IV.5a: Efeito da exposição a 12,5 e 250 mg L⁻¹ de chumbo no conteúdo hídrico das porções aéreas de *Lactuca sativa* após o primeiro e décimo dias. O símbolo (a) indica diferenças significativas entre os grupos de controlo (ctr) e de plantas tratadas com chumbo.

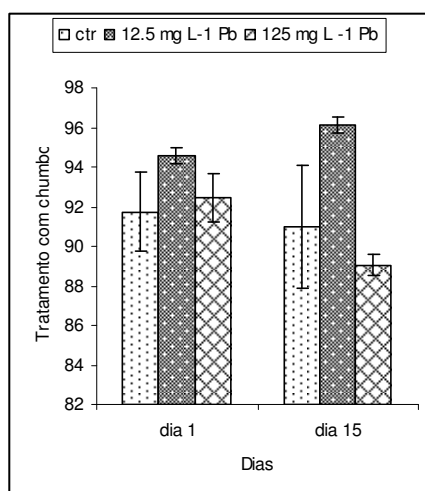


Figura IV.5b: Efeito da exposição a 12,5 e 125,0 mg L⁻¹ de chumbo no conteúdo hídrico das raízes de *Lactuca sativa* após o primeiro e décimo quinto dias.

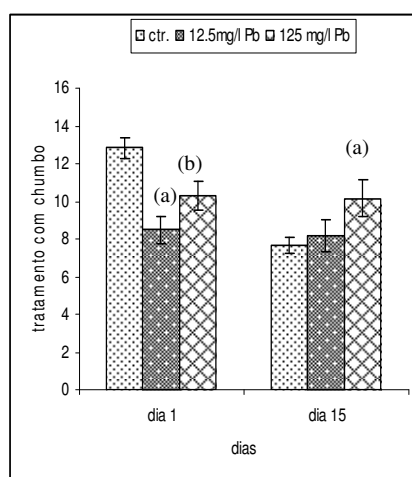


Figura IV.6: Efeito da exposição a 12,5 e 125,0 mg L⁻¹ de chumbo na osmolalidade (mOsmol Kg⁻¹) nas porções aéreas de *Lactuca sativa* após o primeiro e sétimo dias. O símbolo (a) e (b) indicam diferenças significativas entre os grupos de controlo (ctr) e de plantas tratadas com chumbo.

É possível que a diminuição do conteúdo hídrico esteja relacionada com um atraso no crescimento do qual tenha resultado, provavelmente, uma diminuição da área foliar (o maior órgão de transpiração), tal como foi observado por Barcelo et al. (1988) noutra espécie sob o efeito de cádmio. Adicionalmente, como é salientado por Breckle (1991), as células de guarda são às vezes de menores dimensões nas plantas tratadas com chumbo. Acresce, tal como é referido por Serengi e Ivanov (2001), que os iões de chumbo podem induzir uma diminuição no conteúdo de diversos componentes celulares, o que, com a redução do conteúdo hídrico pode levar a uma diminuição do potencial hídrico.

Em suma, estes factos podem justificar a ocorrência de desordens na transpiração e “trocas gasosas” (respiração e fotossíntese) gerando subsequentemente alterações no regime de absorção/translocação e alocação de água na planta. As hipóteses aqui colocadas deverão ser testadas.

Em síntese, a exposição a chumbo acelerou o desenvolvimento de características de senescência nas células de alface e, esta mudança, foi acompanhada, claramente, por mudanças nos parâmetros de crescimento (biomassa, comprimento da raiz e porção aérea) associadas a clorose das folhas, alterações nutricionais (potássio e ferro em particular), e stress oxidativo induzido pela peroxidação dos lípidos (aumento dos níveis de MDA). Estes biomarcadores metabólicos seleccionados poderão complementar e auxiliar a compreensão das respostas fenotípicas das plantas à exposição a chumbo, em particular, e a metais pesados, em geral. Além do mais, a bioacumulação em plantas parece ser uma medida de análise importante, especialmente para plantas que são utilizadas em alimentação humana.

IV.1.3. MICROPROPAGAÇÃO DE ZIMBRO

Estabelecimento de culturas *in vitro*:

Os resultados obtidos na micropropagação de *Juniperus phoeniceae* mostram que é possível obter clones desta espécie nos meios de cultura utilizados (MS e SH).

Na etapa inicial da micropropagação, para um total de 30 explantes provenientes de ramos previamente aspergidos com uma solução de fungicida - tratamento A, foi obtida uma taxa de sobrevivência de 58 %, comparativamente com a taxa de sobrevivência para ramos que não foram previamente aspergidos - tratamento B (Loureiro et. al., 2007). O tratamento A permitiu assim, prevenir posteriores infecções *in vitro* e já foi aplicado com êxito noutros estudos de micropropagação de material de campo, envolvendo sobretudo lenhosas como a oliveira ou o sobreiro (e.g. Pinto et al. 2002).

Simultaneamente, o método utilizado para desinfectar explantes (solução comercial de lixívia contendo 5 gotas de Teepol) foi bem sucedido. Os explantes (segmentos nodais) colocados no meio de cultura base MS (Murashige e Skoog, 1962) com 0,2 mg L⁻¹ cinetina apresentaram uma taxa de sobrevivência superior entre a 1ª e a 4ª subcultura

(60 para 66%) comparativamente com a taxa de sobrevivência de explantes colocados no meio base SH (Shenk e Hildebrandt, 1972) com $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ BAP (70 para 61%), embora esta diferença não seja estatisticamente significativa (Tabela IV.4., p. 122).

Estudos anteriores efectuados com *J. oxicedrus* mostram que o meio SH modificado sem reguladores de crescimento ou suplementado com BAP é o meio de cultura base mais indicado para o estabelecimento das culturas (Gomez e Segura, 1995).

Neste estudo de micropropagação de *J. phoenicea*, o meio SH levou a respostas heterogêneas dos rebentos, manifestando alguns deles um aspecto oxidado e necrótico, enquanto outros apresentaram zonas de crescimento novas com uma cor verde clara nas extremidades apicais (Figura IV.7., p. 139). A heterogeneidade de respostas *in vitro* é por vezes observada, nomeadamente em lenhosas (e.g. Lopes et al. 2006; Loureiro et al. 2007), e, embora não se conheça a explicação, este padrão heterogêneo pode dever-se a variações epigenéticas a condições ambientais (por exemplo, condições específicas existentes em cada frasco de cultura).

Tabela IV.4. Meios de cultura base e reguladores de crescimento utilizados na propagação de *Juniperus phoenicea*. Os valores referem-se a $n = 30$, índice de sobrevivência (%), comprimento médio dos rebentos (cm) e número de rebentos formados por explante na 1ª cultura e na 4ª subcultura (comprimento médio no início de cada cultura = $1,3 \pm 0,3 \text{ cm}$). Em cada parâmetro, a utilização da mesma letra significa que, de acordo com o “One-way Anova” e com o teste “Tukey-Kramer” de comparação múltipla ($P < 0,05$, para duas experiências independentes), não foi detectada qualquer diferença significativa. Nt– não testado

Meio base de cultura	Reguladores de crescimento	Porcentagem de sobrevivência/ %		Comprimento dos rebentos/ cm		Número de rebentos por explante	
		1ª cultura	4ª subcultura	1ª cultura	4ª subcultura	1ª cultura	4ª subcultura
MS	$0,2 \text{ mg L}^{-1}$ KIN	60 ± 18 a	66 ± 2 a	$2,5 \pm 0,9$ a	$2,7 \pm 0,9$ a	$1,0 \pm 0,0$ a	$1,1 \pm 0,3$ a
	$0,1 \text{ mg L}^{-1}$ BAP	55 ± 16 a	51 ± 14 a	$2,1 \pm 0,6$ a	$2,8 \pm 1,1$ a	$1,1 \pm 0,2$ a	$1,3 \pm 0,6$ a
SH	$0,2 \text{ mg L}^{-1}$ KIN	58 ± 15 a	45 ± 12 a	$2,1 \pm 1,0$ a	Nt	Nt	Nt
	$0,1 \text{ mg L}^{-1}$ BAP	70 ± 10 a	61 ± 2 a	$1,0 \pm 0,8$ a	$2,3 \pm 0,2$ a	$0,5 \pm 0,2$ a	$1,4 \pm 0,2$ a

Por sua vez, alguns rebentos no meio MS evidenciaram também respostas diferentes, apresentando alguns fenolização e necrose, que alastravam nas subculturas seguintes a toda a porção do rebento (Figura IV.8.).



Figura IV.7.: Segmentos nodais de *Juniperus phoeniceae* em fase de abrolhamento no meio de cultura base SH adicionado $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ KIN, após 2ª subcultura. Evidenciam-se zonas apicais de cor verde mais clara.

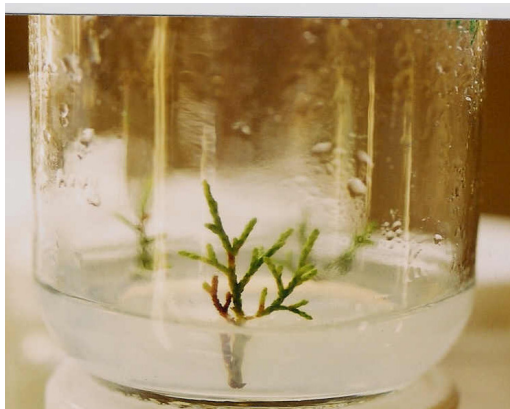


Figura IV.8.: Rebentos de *Juniperus phoeniceae* crescidos em meio MS suplementado com $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ BAP, após a 2ª subcultura. Notar alguma necrose na base.

Por outro lado, nos quatro ensaios realizados observaram-se diferenças morfológicas, nomeadamente, no comprimento e ramificação dos rebentos (*e.g.* número de rebentos por explante). Rebentos crescidos em meio MS apresentaram um comprimento e um número de rebentos por explante geralmente superior aos crescidos no meio SH (Tabela IV.4.). Contudo, no que se refere aos reguladores de crescimento, não foram detectadas diferenças significativas ($P = 0,05$, Tabela IV.4.).

Em geral, foi observado maior comprimento dos rebentos entre a 2ª e 4ª subcultura. Isto pode ser explicado pelo facto de, durante a 1ª cultura, o crescimento dos rebentos ser limitado pelo stress imposto pelo processo de descontaminação. Além disso, os rebentos nesta fase estão ainda a ajustar-se às condições de cultura *in vitro*, o que não acontece da 2ª à 4ª subcultura – os rebentos já estão adaptados e são capazes de maximizar o seu crescimento nas condições *in vitro*. Formam-se, por isso, novas regiões de crescimento, evidenciadas pela coloração verde clara observada na zona apical dos ramos (Figura IV.7.).

Estudos de enraizamento e aclimatização das plantas:

Nos ensaios de enraizamento foram testados o meio base OM e duas composições da matriz sólida (agar ou turfa:perlite, 3:2). No que se refere à exposição inicial ao regulador de crescimento IBA foram adoptadas duas estratégias: embebição durante 1 minuto (min) ou durante 5 min. (Tabela IV.5.).

Em primeiro lugar, a utilização de IBA deveu-se ao facto de ser este o regulador de crescimento onde anteriormente se obteve os melhores resultados (Loureiro et. al., 2007). Em segundo lugar, os resultados demonstraram, ao fim de 1 mês de enraizamento, uma maior percentagem de enraizamento quando se recorreu à embebição em IBA durante 5 min (40%) do que num 1 min (10 %). Por sua vez, os valores aumentaram quando o agar foi utilizado como matriz sólida (n = 20) (Tabela IV.5).

Tabela IV.5. Meio base (OM), regulador de crescimento (IBA), tipo de exposição ao regulador de crescimento (1 ou 5 min de embebição) e composição da matriz sólida (agar ou turfa:perlite, 3:2) utilizada para induzir enraizamento de rebentos de *Juniperus phoenicea* L (n = 40). Os valores referem-se à % de enraizamento, número médio de raízes por explante e comprimento médio da raiz (cm).

Meio	regulador de crescimento	Tempo de embebição/min	Composição da matriz sólida	Enraizamento %	Número de raízes por explante	Comprimento médio das raízes/cm
OM	5g L ⁻¹ IBA	1	agar	10,0	2,0	2,0
		5		40,0	3,0	2,0
		1	turfa:perlite (3:2)	10,0	1,0	1,0
		5		0	-	-

Em terceiro lugar, comparando estes resultados com os obtidos com o género *Juniperus*, esta espécie, comparativamente com outras, parece apresentar uma capacidade diferente de enraizamento. De facto, o enraizamento é descrito e obtido em poucas espécies de *Juniperus* e, principalmente, obtido com alguma facilidade em estacas *ex-vitro*. A título de exemplo, o *J. scopulorum* (Dirr e Heuser, 1987) apresenta taxas de enraizamento na ordem dos 82 % para plantas muito jovens (2 anos de idade). No entanto, este tipo de macropropagação depende da espécie/ecótipo utilizada, e apresenta uma redução na taxa de enraizamento para árvores adultas. Wagner et al. (1994) obtiveram uma taxa de enraizamento de menos de 10 % para rebentos provenientes de plantas mãe com 12 anos de idade.

Por sua vez, Gomez e Segura (1995) detectaram, em rebentos *in vitro* de *J. oxycedrus*, uma taxa de enraizamento baixa. Por outro lado, durante bastante tempo, genótipos de *J.*

phoenicea da Ilha de Santo de Porto apresentaram-se extremamente recalcitrantes a ensaios de enraizamento *ex vitro* e *in vitro* (Brito, 2000). Algumas das razões que justificam estes comportamentos podem dever-se às condições edáficas/ambientais peculiares da Ilha de Porto Santo, juntamente com o tipo de genótipos/ecótipos utilizados, e ao facto de se terem seleccionado árvores de campo adultas, condições que normalmente aumentam a recalcitrância de resposta *in vitro*.

Quando os rebentos foram expostos durante 5 min a uma solução de 5g L⁻¹ IBA e colocados no meio OM com agar observou-se o desenvolvimento de dois morfotipos: um grupo (aproximadamente 70 %), definido como "morfotipo I", apresentava rebentos normais com folhas verdes, entrenós bem desenvolvidos e um grande número de ramos laterais (Figura IV.9.), enquanto outro (aprox. 30 %), definido como "morfotipo II", se caracterizava principalmente pela sua frequente hiperhidratação e presença de entrenós curtos ou quase ausentes (Figura IV.10.), levando a nanismo dos rebentos. Este morfotipo II apresentou incapacidade de enraizamento, provavelmente devido às anomalias morfológicas que o caracterizaram, e que podem ter origem em respostas epigenéticas a desequilíbrios hormonais, que também afectam a capacidade de enraizamento. Assim, como se esperava, o enraizamento só ocorreu no morfotipo I (Figura IV.11.).



Figura IV.9.: Morfotipo 1



Figura IV.10.: Morfotipo 2



Figura IV.11.: Morfotipo I com raízes bem desenvolvidas

Por conseguinte, a embebição em IBA durante 5 min e posteriormente a cultura em meio OM solidificado com agar, parecem ser as condições mais adequadas para o enraizamento de *Juniperus phoeniceae*.

Registe-se, finalmente, que a aclimatização das plantas na estufa foi possível (Loureiro et al 2007), embora restringindo-se a poucas plantas. Para o morfotipo I, a aclimatização está a decorrer satisfatoriamente, com uma taxa actual de sobrevivência de cerca de 70 % (Figura IV.12. e 13). Na aclimatização, foi crucial a redução progressiva da humidade relativa da atmosfera, assim como a regulação (aumento) da intensidade luminosa, com vista a permitir o eficiente desenvolvimento estomático e a capacidade progressiva das plantas realizarem a fotossíntese tornando-se plenamente autotróficas (para revisão ver Richardson, 1985).



Figura IV.12.: Plântulas com três dias na fase de aclimatização.



Figura IV. 13.: Plântulas com três meses na fase de aclimatização

Estes resultados mostram que é possível dispor de uma metodologia de micropropagação, desde a desinfecção até à aclimatização desta espécie lenhosa e recalcitrante, autóctone da ilha de Porto Santo e em risco na região. Além disso, a metodologia aqui apresentada foi desenvolvida a partir de rebentos de material adulto e, consequentemente, revelam que este método de propagação/clonagem pode constituir uma boa estratégia de preservação de germoplasma de material adulto.

IV.2. PERCURSOS INVESTIGATIVOS EM FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES

IV.2.1. INTRODUÇÃO

Para a avaliação dos PIs desenvolvidos em formação inicial de professores de ciências, utilizaram-se duas categorias de análise: categoria I) identidade profissional do docente e categoria II) concepções e reformulação de concepções acerca do ensino e aprendizagem de temáticas de biologia e biotecnologia para o mundo contemporâneo. Deste modo, utilizando as categorias I e II, na **secção 2.2.** apresenta-se uma análise crítica da intervenção, descrevendo e discutindo os dados recolhidos no decurso da intervenção.

IV.2.2. Apresentação e análise de dados recolhidos na intervenção

Relativamente à categoria I, na secção **2.2.1.1.** caracterizam-se os alunos-futuros professores e na secção **2.2.1.2.** descrevem-se e analisam-se os dados recolhidos relativos às dimensões motivacional, representacional e socioprofissional dos alunos-futuros professores.

Em relação à categoria II, descrevem-se e analisam-se os dados recolhidos no que concerne às seguintes dimensões:

- a)** Ciências, cientistas, tecnologia e sociedade (secção **2.2.2.1.**);
- b)** Aspectos epistemológicos relevantes no ensino das ciências e NCs (secção **2.2.2.2.**),
 - significados atribuídos ao conhecimento científico, pedagógico e profissional;
 - NCs e “ethos” das ciências;
 - mitos associados às ciências e à produção de conhecimento científico;
 - educação em, sobre e pelas ciências;
- c)** Inter-relações CTS em educação em ciências (secção **2.2.2.3.**);
- d)** Desafios na formação inicial de professores (secção **2.2.2.4.**), referentes a,
 - aprender investigando, investigar para aprender na formação inicial e autoformação docente pela concepção e desenvolvimento de PIs com componentes de TP e TL;

- reflexão sobre a acção: concepções de inter-relações entre conhecimento científico disciplinar, pedagógico-didáctico, aspectos de NCs, perspectivas de PI e TE e de integração de inter-relações CTS em ensino de ciências.

IV.2.2.1. Apresentação, análise e discussão de dados relativos à categoria I

A formação profissional “*decorre de aspectos múltiplos que vão para além da preparação/formação para o exercício da profissão*” e tem implícita a “*reformulação da própria identidade psicossocial, a qual por vezes interfere na mudança de perspectivas sobre a profissão a exercer*” (Lopes, 2004, p. 97). Assim, o aluno descreve uma trajectória desde a “*identidade psicossocial de base*”, para uma “*identidade profissional primária*” e desta para a “*identidade profissional corrente*” (Lopes et al., 2006, p. 7).

Na presente investigação não se teve a intenção de acompanhar e analisar a trajectória completa que cada aluno-futuro professor percorre, mas apenas acompanhar aspectos envolvidos na evolução da “*identidade psicossocial de base*” para a “*identidade profissional primária*”, pela recolha e análise de dados representativos das dimensões pessoais do aluno, designadamente, (i) motivacionais; (ii) representacionais e (iii) socioprofissionais (Nascimento, 2007).

Estes dados incorporam dimensões subjectivas e objectivas dos alunos-futuros professores (Lopes et al., 2006) que se inter cruzam, nomeadamente, componentes subjectivas que dizem respeito ao percurso escolar, aos interesses, às motivações, à sociabilidade, ao desenvolvimento de actividades paralelas ao percurso de formação, e componentes objectivas como a idade, o estado civil, o número de filhos, as escolas/instituições frequentadas e experiência na área da docência.

Expõe-se em seguida um conjunto de informações recolhidas nas aulas que caracterizaram o grupo de alunos-futuros professores participantes da intervenção, fazendo uso também da memória descritiva (Sá-Chaves, 2000).

IV.2.2.1.1. Caracterização do grupo de alunos-futuros professores

À disciplina de Didáctica das Ciências, do 4º ano de um curso de licenciatura em Ciências da Natureza e Matemática, 2º ciclo do ensino básico, inscreveram-se quatro candidatos, que em anos anteriores já haviam frequentado a mesma instituição de ensino.

Dos quatro alunos, um não foi incluído na intervenção por se encontrar a repetir a disciplina e por apresentar alguns antecedentes psicológicos (distúrbio de personalidade), aparentemente incompatíveis com o regular desenvolvimento das metodologias de trabalho que se pretendiam implementar.

Este grupo de alunos-futuros professores, sendo restrito, constituiu um estímulo à investigação: *“greater insight for improving practice would be gained by focusing on a smaller group of exemplary biology teachers rather than studying a large cross-section of biology teachers”* (Friedrichsen e Dana, 2005, p. 222).

Dos três alunos participantes, um era do sexo masculino e dois do sexo feminino, apresentando 27, 31 e 55 anos de idade, respectivamente, que se designarão pelos nomes fictícios João, Inês e Olga. Em termos de habilitações académicas, o João possuía licenciatura em ensino da Matemática, para o 3º ciclo do ensino básico, a Inês não dispunha de qualquer licenciatura e estava a frequentar pela primeira vez o 4º ano de um de licenciatura em Ciências da Natureza e Matemática, para o 2º ciclo do ensino básico e a Olga apresentava licenciatura em Engenharia Civil (Tabela IV.6., p. 150).

O João e a Olga já haviam leccionado Matemática em escolas de ensino oficial, no 3º ciclo do ensino básico e no ensino secundário, durante dois e 29 anos respectivamente, e a Inês nunca havia leccionado (Tabela IV.6.). Nenhum deles era profissionalizado.

O João e a Olga contavam no seu currículo com experiência profissional noutros domínios, que não a docência no ensino público (Tabela IV.6.). Designadamente, o João apresentava experiência como formador em Matemática num curso de educação e formação de adultos (EFA), tinha frequentado a parte curricular de um mestrado em ensino de Matemática e tinha experiência como director de um centro de explicações. Era ainda explicador de Matemática do 5º ao 12º ano de escolaridade e de ensino superior, bem como de Ciências da Natureza e Biologia embora não tenha especificado o ano de escolaridade.

Tabela IV.6. Perfil dos alunos-futuros professores, participantes na intervenção.

Nome fictício	Idade/ Anos	Habilitações académicas	Docência		Outras actividades
			Experiência	Níveis de ensino	
João	28	Licenciado em Ensino de Matemática para o 3º ciclo do ensino básico	Dois anos de Matemática em escolas públicas	3º Ciclo do ensino básico e ensino secundário	Director de um centro de estudos; Explicador de Ciências da Natureza, de Biologia, e de Matemática, do 5º ao 12º ano de escolaridade e ensino superior Frequência da parte curricular de um mestrado em ensino de Matemática
Inês	30	Com o 3º ano do curso de licenciatura em Ciências da Natureza e Matemática, para o 2º ciclo do ensino básico	_____	-	_____
Olga	53	Licenciada em Engenharia Civil	Vinte e nove anos de Matemática em escolas públicas	Ensino secundário	Professora de Matemática numa escola profissional durante dez anos; Explicadora de Matemática, do 10º ao 12º ano de escolaridade

A Olga apresentava experiência como professora de Matemática numa escola profissional e era explicadora de Matemática do 10º ao 12º ano de escolaridade (Tabela IV.6.).

Relativamente às médias finais de curso obtidas no ano lectivo anterior, o João referiu que possuía uma média de 16 valores, a Inês não quis mencionar a sua média e a Olga referiu que obteve uma média final de 12 valores.

Em relação a actividades que mais os interessavam (ver *Ficha de caracterização dos alunos-futuros professores* - Anexo VI, p. 293), o João indicou “escrever, viajar e ensinar”; a Inês apenas referiu “dar aulas expositivas, interactivas” e a Olga referiu que era “ser professora e com aulas interactivas”.

Quando questionados sobre as “temáticas de Ciências de Natureza que mais gostavam de trabalhar” (ver *Ficha de caracterização dos alunos-futuros professores* - Anexo VI, p. 293), o João mencionou “Diversidade dos animais”, a Inês referiu “Vida na Terra” e “Diversidade dos animais” e a Olga optou por não fornecer qualquer indicação, salientando que desconhecia os conteúdos de Ciências de Natureza.

Por outro lado, o João e a Olga apresentavam a inscrição no curso de licenciatura em Ciências da Natureza e Matemática, para o 2º ciclo do ensino básico, no ano lectivo anterior, tendo solicitado equivalência de disciplinas com base na licenciatura que já possuíam. A Inês, ao invés, encontrava-se a frequentar pela primeira vez o 4º ano do referido curso, tendo efectuado a inscrição no 1º ano, quatro anos antes.

IV.2.2.1.2. Dimensões motivacional, representacional e socioprofissional dos alunos

Dimensão motivacional

Se as interações sociais que se estabelecem em aulas entre professores e alunos são moldadas pelas expectativas e motivações individuais de cada um, pelas características específicas das aulas, pelas normas de trabalho e pelos papéis que cada um adota, é importante não as ignorar (White et al., 2002) e por isso, equacionar a formação de alunos-futuros professores tendo em conta dimensões motivacionais (Nascimento, 2007). Assim, apresentam-se e discutem-se os resultados da intervenção nesta dimensão, subdividindo-os nos itens: **(i)** escolha e motivação para a docência, **(ii)** expectativa em relação à disciplina, e **(iii)** assiduidade e motivação para o cumprimento dos objectivos propostos para a disciplina.

No texto que se segue sempre que surjam referências a ideias de alunos-futuros correspondentes a pontos de vista que terão verbalizado, apresentam-se entre aspas e, não havendo outra indicação, correspondem a registos do diário da investigadora-professora.

i) Escolha e motivações para a docência

Logo na primeira aula geraram-se momentos propícios à colocação de questões relacionadas com a escolha da profissão e as motivações para a mesma, e.g. “*Porquê a escolha desta profissão*” (questão colocada pela investigadora-professora na primeira aula).

Pelas respostas obtidas, depreenderam-se motivos pessoais claramente distintos:

João: “É aquilo que pretendo fazer”,

Olga: “É aquilo que sei e gosto de fazer”

Inês “Não sei bem o que é ser professor. O estágio profissional vai-me ajudar a adquirir experiência”.

Das três respostas obtidas, destaca-se a de Olga, por ser a que exprime maior confiança nas suas capacidades, bem como maior interesse pela docência. Já a Inês é a que expressa maiores receios em relação à escolha da profissão.

Em relação a uma outra questão colocada no pré-teste: “*Que motivações pessoais e/ou profissionais, influenciaram a sua decisão de se inscrever no curso de Ciências da Natureza e Matemática, 2º ciclo do ensino básico?*” (Questão II.1., pré-teste, p. 255-257), os alunos referiram respectivamente, “mais possibilidade de colocação e ingresso numa carreira no ensino, relacionadas com a vocação, realização pessoal e profissional” (João), “interesse em trabalhar posteriormente com crianças, o gosto pela matemática” (não mencionou ciências) (Olga), ou simplesmente “obter profissionalização para dar aulas de Ciências da Natureza e Matemática a alunos do 2º ciclo do ensino básico” (queria referir-se a obter qualificação profissional) (Inês).

O João expressou novamente o interesse pelo curso (embora de forma indirecta) e mesmo ambição por uma carreira onde se sentisse realizado pessoal e profissionalmente; a Olga revelou interesse em trabalhar com crianças, referindo ainda, em diálogo com a professora, que nunca tinha trabalhado com estes níveis de escolaridade; já a Inês apenas manifestou a intenção prática e imediata de obter a qualificação profissional para leccionar Ciências da Natureza e Matemática, sem referir novamente se isso iria realizá-la pessoal e profissionalmente.

A escolha da docência está associada à motivação para a mesma e, nesse sentido, o João foi o que revelou maior equilíbrio entre a sua escolha e a motivação para a docência, confessando motivações intrínsecas que “*envolvem o sentimento de um gosto ou vocação para o ensino, a procura de uma realização pessoal e mesmo o cumprimento de um ideal de serviço*” (Nascimento, 2007, p. 209).

A Olga, por seu lado, embora tenha expressado total confiança na sua experiência profissional e gosto pela docência, não referiu que o curso de Ciências da Natureza e Matemática, que estava a frequentar, lhe poderia trazer maior realização pessoal e profissional.

Por seu lado, a Inês, ao expressar o interesse em obter qualificação para leccionar Ciências da Natureza e Matemática, ao 2º ciclo do ensino básico, sugere “*motivações extrínsecas relacionadas com motivos sociais e económicos, como a perspectiva de emprego ou as condições de trabalho inerentes à profissão*” (Nascimento, 2007, p. 209).

A própria escolha do curso de licenciatura em Ciências da Natureza e Matemática, 2º ciclo do ensino básico pela Olga e pela Inês, poderá ter a ver com outras variáveis, nomeadamente, relações anteriormente vivenciadas em contexto escolar, em particular, com professores de anos lectivos precedentes: “*Previous life experience impacts on the way preservice science teachers perceive science courses*” (Gullberg et al., 2008, p. 261).

ii) Expectativas para Didáctica das Ciências

As respostas à questão: “*Quais as suas expectativas relativamente à disciplina de Didáctica das Ciências que agora se inicia?*” (Questão II.2., pré-teste, p. 255-257) parece indicarem novamente mais expectativas por parte do João, dado que via em Didáctica das Ciências um complemento da prática pedagógica: “que seja um complemento da disciplina de prática pedagógica, mas além disso, um momento de enriquecimento e discussão de metodologias, estratégias e actividades possíveis de se desenvolver”. A Inês referiu que “me vai apoiar no estágio” e a Olga não quis responder.

Um aspecto relevante no tipo de respostas obtidas é que a imagem que os alunos têm da docência parece reflectir-se nas expectativas que têm em relação a Didáctica das Ciências. Isto é, múltiplos factores como as representações da profissão, os significados que atribuem ao papel e às condições de exercício da função (Nascimento, 2007), dependentes por sua vez, de variáveis pessoais e de relações sociais e/ou profissionais anteriormente vividas, parecem influenciar, directamente, nas expectativas que têm em relação à disciplina. Particularmente, estes múltiplos factores reflectem-se na discrepância apresentada pelos alunos de formação inicial, entre as expectativas que têm sobre a profissão e a realidade com que se deparam (*ibid.*)

iii) Assiduidade

As duas primeiras aulas constituíram o momento propício para a investigadora-professora dialogar com os alunos-futuros professores sobre a importância de comparecerem às aulas. Para além de outros aspectos, a investigadora-professora informou que as aulas iriam decorrer com recurso a trabalho de grupo e desenvolvimento de PIs, envolvendo ciclos de reflexão-acção, individuais e entre pares. Enfatizou a importância destas metodologias para a (re)construção de concepções e ideias. Informou que a assiduidade seria semanalmente registada num documento preparado para o efeito – *Ficha de presenças* (Anexo VII, p. 294).

Na Tabela IV.7. encontra-se registada a assiduidade dos alunos para cada bloco lectivo.

Tabela IV.7. Número de faltas dos alunos-futuros professores registadas nas aulas dos blocos 1, 2, 3 e 4.

Alunos	Nº DE FALTAS			
	Bloco 1 (8 aulas)	Bloco 2 (12 aulas)	Bloco 3 (8 aulas)	Bloco 4 (4 aulas)
João	2	1	1	1
Inês	1	2	0	1
Olga	3	3	8	4

Os resultados expressos na Tabela IV.7. evidenciam que a Olga desistiu de frequentar as aulas, a partir do bloco 3, permanecendo o João e a Inês até ao final do ano lectivo.

A desistência da Olga reflecte, provavelmente, as suas motivações internas, relacionadas com um desinteresse por aprender no âmbito de Didáctica das Ciências, ou mesmo, desinteresse geral em aprender. Por exemplo, quando foi solicitado aos alunos-futuros professores que se envolvessem na concepção, planificação e desenvolvimento de um PI (bloco 2), a Olga afirmou: “Não me apetece fazer o trabalho. É preciso mesmo fazê-lo? Por mim nem escolhia o tema. Só preciso de obter o 10 à cadeira!”. Quando questionada novamente pelas razões que a levavam a não fazer o trabalho, referiu que: “É muito trabalhoso, muita fotocópia e não tenho tempo para isso”. Após escolher o tema, disse mesmo que este lhe era indiferente (o tema que seleccionou foi “efeito poluidor dos detergentes”).

Na aula número 11 a Olga revelou-se desmotivada e envolveu-se pouco na construção do PI. Na aula número 13 voltou a mostrar pouca motivação, confessando que não tinha trabalhado no PI em casa.

Esta atitude assemelha-se à que os professores adoptam quando questionados sobre as razões porque não incluem TE nas suas práticas lectivas: “(they) *may feel that some practices are controversial and the risk of engaging in a particular instructional strategy outweighs the perceived benefits* (Jones e Carter, 2007, p. 1084). Em virtude disso, a investigadora-professora colocou a seguinte questão “*Porque é que as actividades práticas experimentais não são implementadas nas escolas?*”. De acordo com o diário da investigadora-professora (aula 13), a Inês, a Olga e o João terão respondido respectivamente: “os professores têm receio de não as saberem explicar” (Inês), “os professores fogem de as fazer embora os conhecimentos fiquem mais consolidados; (...) também é porque os professores consideram que demoram imenso tempo para as fazer e depois não há tempo para dar o programa; têm também receio que corram mal” (Olga); e “Os professores não as fazem porque não as fizeram na licenciatura” (João).

Ainda relativamente às motivações de Olga, a aluna chegou atrasada à aula número 14, aparentando cansaço e não respondeu à Ficha de auto-análise do PI concebido e

implementado (Ficha 14 - Anexo IV, p. 277). Na aula número 15 (após o término das aulas do 1º semestre), disse que não tinha efectuado o relatório escrito (equivalente ao 1º teste de avaliação à disciplina). Face a este comportamento, a investigadora-professora procurou estimular a Olga a realizar as actividades, questionando-a sobre alguns aspectos relacionados com o seu papel como futura docente:

1 - Como poderá conseguir transmitir para a área das Ciências da Natureza, a emoção que tem pela Matemática?

2 - Como acha que se pode cativar os professores oriundos de outras áreas disciplinares para áreas de conhecimentos científicos relevantes para exercícios fundamentados de cidadania, como são os de Ciências da Natureza?

3 - Como transmitir as certezas de que os cursos de Ciências da Natureza não são uma mera retórica de conclusões? Pela realização de actividades propostas nos manuais? De actividades práticas experimentais?

4 - O que falha ou falhou no desenrolar das aulas a que já assistiu?

- Sentiu dispersão nas aulas?*
- Não gosta de Ciências da Natureza?*
- Não sente utilidade nas ciências?*
- Ou outras, como o cansaço?*

A Olga ouviu atentamente e apenas quis responder no final. De acordo com os registos no diário da investigadora-professora, relativos à aula 15, exprimiu assim o seu pensamento:

“Acho que não é mostrando que a ciência é útil, assim, eu acomodo-me e os outros que o façam, que actuem (aqueles que gostam e sabem de ciências). Penso que é desenvolvendo uma actividade prática, experimentando algo e vendo por exemplo, que o procedimento utilizado não dá os resultados esperados. É voltando novamente a testar, com outra quantidade, por exemplo.

Acho que é raciocinando porque não dá que impele os alunos a não se esquecerem do que estão a aprender e os motiva para a área de ciências.”

Nesta resposta, a Olga entrou em contradição com o seu comportamento, não querendo desenvolver um PI com componente de TE. Mais uma vez, as suas convicções sobre o interesse que atribui às ciências como área disciplinar, bem como as estratégias e competências que privilegia para motivar os alunos para as ciências, determinaram a sua actuação prática. Especificamente, as de que melhor será i) não se empenhar em mostrar a utilidade das ciências por não as apreciar e carecer de conhecimento (“Acho que não é mostrando que a ciência é útil, assim, eu acomodo-me e os outros que o façam, que actuem (aqueles que gostam e sabem de ciências)”) ii) envolver os alunos em actividades práticas experimentais, nas quais, ao serem confrontados com resultados negativos,

possam testar outras variáveis, desenvolver competências de raciocínio e motivar-se para as ciências.

Na última aula a que assistiu (aula número 16), a Olga esteve atenta, como que avaliando a postura dos seus colegas e da investigadora-professora, intervindo mesmo quando não solicitada, para referir:

“Porque é que a professora está a dar tanta importância ao desenvolvimento de um PI? Não seria melhor as aulas serem mais de apoio à prática pedagógica? Porque não utiliza o período das aulas para explorar os temas de CN a serem desenvolvidos nas aulas de estágio?”

A aluna, estranhando a relevância dada aos PIs, questionou a sua utilidade, que não entendia o que poderia aprender nas aulas de Didáctica das Ciências, que estava ali só para realizar o estágio integrado, e que não precisava de desenvolver tais conhecimentos, pois já tinha 29 anos de experiência profissional.

À distância dos acontecimentos referidos, a desistência da Olga de frequentar as aulas de Didáctica das Ciências, pelos motivos apontados, parece assemelhar-se à resistência que alguns alunos-futuros professores manifestam em mudar ou inovar a sua prática profissional (Segóvia Pérez, 1997). Esta resistência tem sido motivo de preocupação por parte de vários investigadores (e.g. Segovia Pérez, 1997, Mellado Jiménez, 2003, Munby et al., 2000, Mulholland e Wallace, 2003a).

Os factores que influenciam esta resistência são diversos, nomeadamente: i) “*la credibilidad (...) de quien propone la innovación*” (Segóvia Pérez, 1997, p. 214), ii) o carácter temporal e dinâmico do próprio processo de mudança, que por vezes não é entendido, e.g.” *la desproporción o distancia existente entre la conducta habitual y la nueva que se propone*” (ibid.), iii) a imposição de estratégias de poder político-administrativo, dificilmente compreendidas, e iv) peso de uma formação educativa anterior, com base em estratégias já instituídas, normalmente de cariz empírico-rationais (Segovia Pérez, 1997).

Pelas respostas obtidas, a Olga contestou sempre o tipo de aulas desenvolvidas, o que parece indiciar: i) dificuldade em aceitar o papel de aluna, ii) desconfiança e défice de credibilidade na própria professora (a expressão muitas vezes mencionada pela aluna: “tão “nova” a dar aulas” parece corroborar este diagnóstico), iii) desconhecimento do tipo de metodologias de trabalho requeridas e desinteresse por as aprender, e iv) dificuldade em aceitar que os benefícios resultantes do seu eventual envolvimento no percurso de formação proposto surgiriam mais tarde, isto é, requeriam trabalho, tempo e persistência. Por seu lado, o estímulo dado pela investigadora-professora em vários momentos do bloco 1 e 2 não foram suficientes para cativar a Olga de modo a mudar as suas atitudes e

comportamentos em relação a Didáctica das Ciências, levando-a mesmo a desistir de frequentar as aulas. Provavelmente, outros factores terão estado envolvidos, nomeadamente, factores emocionais e afectivos o que vem reforçar o papel da investigação em educação em ciências sobre a interferência de aspectos sociais e psicológicos dos alunos-futuros professores na inovação das suas práticas: *“Los profesores con experiencia tienen creencias y conocimientos prácticos personales muy estables y consolidados a lo largo de su actividad profesional y muy resistentes al cambio (...) y la formación les supone un esfuerzo añadido y una sobrecarga de trabajo para algo que, en muchas ocasiones, consideran teórico e irrelevante para lo que tienen que hacer diariamente en la aula”* (Mellado Jiménez, 2003, p. 353).

Por isso, ao pretender inovar-se as práticas dos professores deve dar-se particular atenção a aspectos sociais e psicológicos de cada aluno-futuro professor, bem como às suas concepções epistemológicas: *“the view of the nature of science and its epistemology could offer the beginning teacher significant frames for developing professional knowledge of science teaching or it could offer significant constraints on the development of professional knowledge* (Munby et al., 2000, p. 195). As próprias instituições de recrutamento não têm descurado estes aspectos *“acentuando o papel das instituições de formação de professores na selecção dos candidatos ao ensino”* (Nascimento, 2007, p. 210).

Dimensão representacional

A dinâmica da construção da identidade docente assenta em larga medida na percepção que o aluno-futuro professor tem do **i)** papel e perfil docente, bem como nas **ii)** imagens que tem de si como professor. Estas imagens assumem uma posição fulcral na identidade docente e influenciam e integram as restantes dimensões.

i) Percepção do papel e perfil do docente

As concepções dos professores acerca do seu papel e perfil como docente influenciam as práticas pedagógicas que seleccionam e adoptam (Canavarro, 2000). Desse papel e perfil como docente, e por análise dos diálogos desenvolvidos em momentos particulares da intervenção, (particularmente na aula número 3, registo feito no diário da

investigadora-professora), destacam-se os seguintes comentários: “a imagem de um bom professor reflecte-se na sua experiencia profissional” (Olga); “um professor ideal é um profissional que impõe respeito, que domina conteúdos pedagógicos e científicos” (João) ou é, “alguém que sabe muito, (...) tive professores assim” (Inês).

Das respostas obtidas evidencia-se que a percepção do papel e do perfil docentes “*envolve uma representação do bom professor, um modelo de professor ideal*” (Nascimento, 2007, p. 212) que, para a Olga pressupõe um percurso de tempo, para o João engloba um conjunto de requisitos, e para a Inês é uma questão de quantidade de saber. As respostas obtidas também sugerem a influência da experiência profissional de cada aluno-futuro professor (Nascimento, 2007) (caso da Olga e do João), ou a experiência como estudante da Inês.

ii) Imagens de si como professor

A Olga expressou total confiança na imagem de si como professora, afirmando que tinha “muita experiência”, o João de “interesse em aprender mais” e a Inês revelou inseguranças e receios, afirmando que “o estágio profissionalizante é importante” (dados recolhidos por diálogo com a investigadora-professora e registados no diário).

A Inês ao perfilhar esta ideia identificou o estágio profissionalizante como o instrumento chave na aquisição de experiência para o seu desempenho profissional. Esta ideia é partilhada em vários estudos envolvendo professores em formação inicial (e.g. Tavares, 2003), considerando-se que os estágios profissionais constituem “*um momento decisivo na reconstrução das imagens profissionais*” (Nascimento, 2007, p. 213).

Por outro lado, nenhum dos alunos-futuros professores expressou a ideia de que a imagem de si como professor pode modificar-se, isto é, evolui, pois o “*eu profissional [é] produto da interacção com os contextos, é dinâmico, evoluindo ao longo da carreira e do desenvolvimento do sujeito*” (Nascimento, 2007, p. 212). O trabalho de cooperação com os colegas exerce aí nítida influência, pois o professor, “*cannot be an agent of change in his/her school without the cooperation of the other teachers*” (Lazarowitz, 2007, p. 573).

Dimensão socioprofissional

A dimensão socioprofissional diz respeito à inserção e desenvolvimento profissional de um professor na comunidade escolar, o que em termos gerais, significa a integração pelo aluno-futuro professor *“da cultura profissional e (...) [a] adaptação e integração deste no grupo profissional e nos contextos profissionais nos quais desenvolverá a sua actividade”* (Nascimento, 2007, p. 247). Dá igualmente relevo às relações interpessoais, as quais actualmente assumem especial relevância na docência e aprendizagem no ensino superior (Tavares, 2003)

Na presente intervenção, a dimensão socioprofissional dos alunos-futuros professores evidenciou-se pelo i) entusiasmo ou, ao invés, desinteresse dos alunos-futuros professores pelas metodologias de trabalho propostas (e.g. resistência à pesquisa em documentos facultados pela investigadora-professora); pela ii) participação nas tarefas que lhes eram propostas, e pelo iii) desinteresse no relacionamento com a instituição (e.g. integração nas actividades da instituição), com os colegas e/ou com a restante comunidade escolar.

No contexto da intervenção, o João foi o aluno que se manifestou, desde o início, mais entusiasmado e curioso pelo tipo de aulas que se iriam desenvolver. Igualmente, mostrou-se motivado e interessado em se relacionar e dialogar com os outros, confessando estar habituado a esse tipo de postura no mestrado que se encontrava a frequentar. Isto é, o João parecia entender que o relacionamento com os outros era fundamental para a construção do seu conhecimento profissional.

Já a Olga e a Inês pareciam ignorar a importância da sua socialização com a cultura escolar, e que esta socialização ocorria, mesmo sem se aperceberem, ao longo do seu percurso profissional. Ou seja, pareciam ignorar que todos os professores estão sujeitos *“a socializações sucessivas modificando as expectativas relativamente às condições, conteúdo e organização do seu trabalho”* (Nascimento, 2007, p. 214).

Desde o início, a Olga manifestou-se relutante em interagir com os colegas confessando que não tinha tempo e que queria era terminar o curso rapidamente. Mostrou-se ainda relutante em ser comparada com os colegas, pois via-os, “com menos experiência profissional”. O desinteresse da Olga em não querer responder à questão *“Justifique a sua resposta”* (Questão I.2.2., pré-teste, Anexo II, p. 255-257), como forma de fundamentar a resposta que tinha dado à questão anterior (Questão I.2.1., pré-teste, Anexo II): *“Da listagem que se segue, seleccione, assinalando com um X, os dois itens que, a seu ver,*

correspondem a problemas e representam os factores que mais contribuem para aumentar a precariedade das aprendizagens: pouco interesse dos alunos, formação deficiente dos professores para implementar abordagens diferentes na sala de aula, pouca bibliografia acessível onde procurar informação específica, para além da informação dos manuais, poucos materiais didácticos complementares aos manuais escolares que ajudem à exploração de alguns conteúdos, escassez de tempo para planificar actividades diferentes das descritas nos manuais, conteúdos temáticos pouco atractivos ou outra(s). Explícite-as”, foi indiciador disso mesmo.

A sua postura só se modificou quando verificou que a assiduidade era um dos parâmetros importantes de avaliação, e que havia um registo de presenças, *e.g.* nas aulas número 4, 7 e 8, demonstrou algum empenho e iniciativa nas interações com os colegas, em particular, nos momentos de questionamento, debate e partilha de ideias.

Por outro lado, a Inês demonstrou algum receio em relação às metodologias de trabalho propostas, provavelmente devido à sua timidez. Evidenciou, por isso, imensa dificuldade em intervir, em integrar os debates, em responder sempre que lhe era solicitado, em reflectir, melhorando somente a sua participação, no final da intervenção.

Este aspecto não é de estranhar, dado que, provavelmente, a Inês não se tinha envolvido antes em qualquer reflexão ou discussão sobre questões científicas entre pares. Faltavam-lhe competências necessárias à participação em debates, reflexão e discussão sobre problemáticas actuais nas dimensões de educação *em* ciências, *sobre* ciências e *pelas* ciências: “*one reason why a teacher may wish, initially at least, to undertake classroom inquiry as part of a collaborative venture is a perceived lack of research skills*” (Kind e Taber, 2005, p. 246).

A apatia evidenciada pela Inês corresponde ao tipo de atitude imediata e natural que qualquer aluno-futuro professor tem em reflectir face ao envolvimento em novas práticas, *e.g.* reflexão sobre a acção (Segovia Pérez, 1997), pelos conflitos internos que se geram e que desafiam o ensino convencional (Hofstein e Lunetta, 2003): “*Employing this type of knowledge [knowing-in-action] can be problematic in cases where a teacher is faced with situations that are messy and amorphous* (Munby et al., 2000, p.195).

Em suma, por observação detalhada, o João afigurou-se um aluno participativo e interessado, a Inês revelou-se relutante em transitar da cultura de aluna-futura professora para a de professora (Mulholland e Wallace, 2003a, b), ou seja, relutante em reflectir, adoptando uma postura de “eterna aluna” e a Olga apresentou-se inflexível, recusando-se a desafiar as suas convicções e crenças, designadamente, em relação aos seus conhecimentos. Esta aluna criou, por isso, obstáculos ao desenvolvimento de competências necessárias à inovação de práticas de ensino de ciências: “*the border can*

be a place of conflict were opposing habitus are in contac and the World seems upside down” (Mulholland e Wallace, 2003b, p. 18).

Os percalços ocorridos ao longo da intervenção não impediram, contudo, de se prosseguir as actividades propostas, dado serem determinantes nas interacções que se pretendiam promover para aprendizagem dos alunos. Não se descurou, por isso, a ideia de que *“as estruturas e os processos que os professores escolhem para aplicar nas turmas influenciam a forma como estas se desenvolvem e as normas que se estabelecem para a aprendizagem social e escolar”* (Arends, 1995, p. 109). Assim, os contextos gerados em sala de aula, onde se facilitou e valorizou as tentativas e erros dos alunos-futuros-professores, e se incentivou a reflexão sobre a sua acção (Alarcão, 1996) foram determinantes para a clarificação de posições, para o desenvolvimento de significados partilhados entre os alunos e para estimular reflexões sobre alterações a introduzir ao plano da intervenção. Em suma, as aulas reflectiram não só a dimensão pessoal dos alunos-futuros professores, bem como a sua dimensão social, uma vez que, quer as necessidades, motivos e atitudes individuais dos alunos, quer as expectativas partilhadas influenciaram e determinaram o comportamento e a motivação para a aprendizagem (Arends, 1995).

IV.2.2.2. Apresentação, análise e discussão de dados relativos à categoria II

A recolha, identificação, análise e discussão de dados acerca das concepções, crenças e atitudes dos alunos-futuros professores e possíveis mudanças/reformulações dessas concepções, crenças, atitudes e comportamentos ao longo da intervenção, relativas a aspectos do ensino e aprendizagem de temáticas de biologia e biotecnologia para o mundo contemporâneo (Figura III.3.1., p. 92) descrevem-se e analisam-se a seguir.

IV.2.2.2.1. Ciências, cientistas, tecnologia e sociedade

Ciências e tecnologias são produtos da actividade humana e, como tal, incorporam valores e interesses dos próprios cidadãos intervenientes. Estes interesses diferem dos de comunidades escolares, incluindo as de alunos-futuros professores. As concepções dos alunos-futuros professores sobre ciências e tecnologias influenciam e condicionam os papéis que lhes atribuem.

Na intervenção procurou avaliar-se o interesse dos alunos-futuros professores sobre ciências e tecnologias com base na descrição e análise das respostas às questões II.5. do pré-teste, da Ficha 1 e da análise das reflexões expressas nos comentários dos alunos à leitura e análise dos documentos 1 e 2 (ver Anexo V, p. 291).

Assim, em relação à questão II.5. do pré-teste (*“Da lista que se segue, indique, assinalando com X, o(s) que considera: i) poderem constituir contextos interessantes para os alunos aprenderem no âmbito de ciências da natureza – coluna A; ii) poder explorar com os alunos do 2º ciclo, designadamente por julgar ter conhecimento suficiente para tal – coluna B”* - ver Anexo II, p. 255-257), “Desenvolvimento sustentável” foi o tema escolhido pelos três alunos-futuros professores, revelando, assim, que o consideram relevante na aprendizagem dos alunos (Tabela IV.8., p. 163). “Substâncias perigosas existentes na água”, “Recursos naturais” e “Incêndios” foram temas também seleccionados pelo João e “Resíduos sólidos urbanos” e “Clonagem” pela Inês (Tabela IV.8.).

A escolha de “Desenvolvimento sustentável”, indiciando reconhecimento da importância que os alunos-futuros professores lhe atribuem em cursos de formação de professores para o ensino básico, pode também indiciar o seu interesse em quererem saber mais sobre este assunto complexo. A investigadora-professora salientou que a utilização da expressão “desenvolvimento sustentável como contexto” presente na questão II.5. requer que se tenha consciência de que este assenta em três pilares interdependentes: social, económico e ambiental pelo que educação para o promover carece de articulação com outros instrumentos de actuação: *“além de dimensões científicas e pedagógicas, [envolve] dimensões ideológicas e éticas, designadamente no que se refere a concepções de direitos humanos e de deveres individuais e colectivos, tendo em vista contribuir para que os cidadãos exerçam, informada, fundamentada coerente e responsabilmente a sua cidadania”* (Pedrosa e Leite, 2004, p. 2).

Relativamente aos alunos-futuros professores considerarem possuir conhecimento suficiente para explorar os temas com alunos do 2º ciclo (Questão II.5, ii), coluna B, pré-

teste, Anexo II, p. 255-257), o João, assinalando sete temas, foi o que referiu ter conhecimentos sobre mais temas (Tabela IV.8.), parecendo configurar uma resposta habitual em alunos-futuros professores que, normalmente, consideram suficiente a informação disponibilizada pelos manuais escolares ou pelas fontes de educação informal, *e.g.* os *media* (Reis e Galvão, 2005). A utilização adequada de fontes de informação desta última categoria requer, contudo, que se verifiquem determinadas condições, pois exige por parte dos professores, responsabilidade, empenho e competências para estimularem o desenvolvimento de competências específicas pelos alunos, designadamente de reflexão crítica acerca dos assuntos que lêem e/ou que analisam (Reis e Galvão, 2005).

Tabela IV.8. Interesse manifestado pelos alunos-futuros professores por alguns temas de ciências

TEMAS DE CIÊNCIAS		Constituem contextos interessantes para os alunos aprenderem no âmbito de Ciências da Natureza			Conhecimento suficiente para explorar com alunos do 2º ciclo		
		João	Inês	Olga	João	Inês	Olga
Agentes poluentes	Substâncias perigosas existentes na água	Sim	Sim		Sim		Sim
	Resíduos sólidos urbanos		Sim		Sim		Sim
	Clonagem		Sim		Sim		
	Recursos naturais	Sim			Sim	Sim	Sim
	Desenvolvimento sustentável	Sim	Sim	Sim	Sim		
	Incêndios	Sim			Sim	Sim	Sim
	Alterações climáticas				Sim	Sim	Sim
	Outras. Indique quais:						
	-						
	-						

Das opiniões expressas nas respostas à questão III do pré-teste (*“Considera que a exploração de temas como os referidos em II.5, nas aulas de Ciências da Natureza do 2º ciclo do Ensino Básico, terá no contexto actual do País (e global), um papel relevante na educação para a cidadania? Justifique a sua resposta e indique se considera importante abordar temas novos, ou simplesmente seguir os temas propostos pelos manuais, ou explorar os temas nestes abordados mas sob perspectivas diferentes.”*), o João revelou claramente a sua preocupação em abordar temas novos, dado defender que os considerava relevantes na promoção de uma educação para a cidadania, apresentando, para o efeito, exemplos de temáticas:

“É muito relevante, porque antes de mais a formação deve ser integral e de um cidadão. Nos dias de hoje as questões ambientais têm um papel muito importante, sendo necessário uma maior informação e intervenção de cada um de nós.

Questões como o esgotamento dos recursos naturais, a falta (escassez) de água, os incêndios, a floresta amazónica, o aquecimento do planeta, o desenvolvimento sustentável, a pobreza em África, a sobredensidade populacional na Ásia, etc., são temas de grande importância e que exigem um envolvimento e uma intervenção urgente”.

A Inês e a Olga não demonstraram idêntica preocupação. A Inês apenas expressou a ideia de que a abordagem de temas de ciências (sem os especificar) lhe causava alguma insegurança: “há temas em que tenho mais segurança, em que estou mais à vontade para explorar com os alunos”. Por outro lado, a Olga sugeriu que a abordagem de temas variados (também não os especificou) requeria diferentes perspectivas: “A exploração dos temas deve ser efectuada sob perspectivas diferentes”.

Até à data do envolvimento dos alunos-futuros professores na intervenção, provavelmente nenhum terá reflectido sobre as razões pelas quais os *currícula* do ensino básico integram Ciências da Natureza, designadamente as que resultam de imperativos referentes a problemas actuais e a requisitos de tomada de decisões pelos cidadãos. De facto, a sociedade confronta-se com inúmeros problemas, muito dos quais têm dimensões científicas e tecnológicas e relativamente aos quais os cidadãos, em geral, poderão precisar de argumentar, decidir e/ou dar respostas. Em particular, aos cidadãos comuns, *e.g.* consumidores, votantes, é lhes exigido que tomem “*decisiones sobre la comida y la salud, la calidad y las características de los productos, avisos publicitarios, etc*” (Sjøberg, 2002, p. 4), bem como que tomem “*una posición y ser capaces de juzgar los argumentos*” (*ibid.*) sobre temas científicos-tecnológicos variados. Por esta ordem de ideias, a escola, em geral, os *currícula* de ciências, em particular, integram “*una variedad de temas, muchos de los cuales tienen dimensiones científicas o tecnológicas*” (*ibid.*) visando promover a participação cidadã dos alunos nas decisões mais importantes sobre controvérsias com que se poderão relacionar (Pinheiro et al., 2009).

Também temas sócio-científicos, como os discutidos recentemente em Portugal em debates “*que atingiram a opinião pública com grande força*” (Ávila e Castro, 2002, p. 313), *e.g.*, clonagem, tratamento de resíduos, consumo de alimentos geneticamente modificados, entre outros, parece terem exercido alguma influência na formulação das respostas dos alunos-futuros professores, à questão II.5. do pré-teste (Tabela IV.8., p. 163). Por exemplo, a Inês seleccionou o tema “Clonagem”. Já a Olga e o João expuseram os seus receios em relação à clonagem, quer por desconhecerem o seu impacto na sociedade, quer por, provavelmente, a associarem à clonagem humana.

Relativamente aos benefícios das ciências e tecnologias e dos empreendimentos científicos para a melhoria das condições de vida no planeta (Ficha 1 - Anexo IV, p. 260), os alunos-futuros professores hesitaram na formulação das respostas à questão 1 (“*Após*

leitura do questionário responda apenas com SIM ou NÃO a cada uma das questões seguintes: As ciências e tecnologia permitirão resolver todos os problemas?, Graças aos avanços das ciências, os recursos naturais da terra não se vão esgotar?, Os benefícios das ciências são maiores do que os seus eventuais efeitos negativos? A investigação científica básica não é essencial? As ciências e a tecnologia não têm um papel importante no desenvolvimento industrial? Para pessoas como eu não é importante estar envolvido na tomada de decisões sobre temas de ciências? A forma de ensinar ciências nas escolas não é suficientemente apelativa?")

Se por um lado, os alunos-futuros professores consideraram que ciências e tecnologias vinham resolver muitos dos problemas da sociedade (João e Olga: “a nível da saúde humana”), por outro, manifestaram receios quanto a eventuais efeitos negativos (João: “utilização de organismos transgénicos, esgotamento dos recursos naturais”), de acordo com registos no diário da investigadora-professora relativos a opiniões dos alunos-futuros professores expressas na aula.

Reflectindo sobre a forma como os cidadãos e cientistas encaram as ciências o João referiu que os cientistas que desenvolvem trabalho prático investigativo possuem concepções diferentes das dos cidadãos comuns: “Relativamente ao que os cidadãos acham da ciência, acho que conforme eles realizem mais ou menos actividade práticas, influencia o que eles acham da ciência” (resposta do João com aparente concordância da Inês e Olga) (Ficha 1, após leitura e análise dos documentos 1 e 2, Anexo IV, p. 260). Ou seja, o João entende que o envolvimento em TP influencia as atitudes dos cidadãos perante as ciências.

O João acrescenta que não pretende atribuir a quem não é cientista, nem a quem defende as ciências (no sentido amplo de tecnociências), a responsabilidade de decidir ou de tomar decisões: “Não é importante para mim estar envolvido na tomada de decisões, ao contrário de outras pessoas, pois pode haver pessoas com convicções contra a ciência”. Ou seja, o João salienta que a tomada de decisões não deve ser responsabilidade de todos, mas sim apenas daqueles que apoiam e têm convicções a favor das ciências. Parece revelar os seus receios relativamente a ciências e tecnologias, face à disparidade de juízos e valores veiculados pelos *media*, à informação apresentada ser complexa e pouca clara, bem como ao desconhecimento geral sobre impactos sociais dos avanços científicos e tecnológicos.

Esta resposta não surpreende e assemelha-se às obtidas num estudo realizado com estudantes portugueses (Canavarro, 2000) onde, através de um instrumento produzido para o efeito, se diagnosticaram concepções sobre ciências. Este estudo envolveu estudantes com idades compreendidas entre os 17 e os 19 anos e a frequentar o primeiro ano do ensino superior em licenciaturas da Universidades de Aveiro e Coimbra

(Faculdades de Letras, de Ciências e Tecnologias e de Psicologia e de Ciências da Educação) e do Instituto Superior Bissaya Barreto. Os dados recolhidos relativamente a *“produção de alimentos a nível mundial”* (Canavarro, 2000, p. 115) sugeriram que 58,8% dos estudantes consideraram que *“as decisões devem ser tomadas equitativamente. As opiniões dos cientistas e técnicos devem ser consideradas, bem como as opiniões das pessoas informadas, porque a decisão afecta toda a sociedade”* (Canavarro, 2000, p. 115) enquanto 18,6% defenderam que *“os cientistas e técnicos devem decidir porque têm formação e conhecem os factos que lhes permitem a melhor compreensão do problema. Mas o público em geral deve participar nesta decisão, pela informação ou pela consulta”* (Canavarro, 2000, p. 115-116). Utilizando um instrumento de diagnóstico similar, um estudo desenvolvido com estudantes canadianos, citado por Canavarro (2000), evidenciou que em relação à *“responsabilidade pela tomada de decisão sobre questões científicas ou tecnológicas com implicações de natureza social, a maioria (perto de 60%) dos estudantes (...) [inquiridos atribui] aos cientistas e técnicos essa responsabilidade por uma questão de competência e de conhecimentos de factos. Os restantes estudantes [atribui-lhes] um papel de consultores, mas remetendo em última estância a tomada de decisão para as pessoas em geral”* (Canavarro, 2000, p. 67)

Ainda relativamente à análise do documento 2 (ver Ficha 1- Anexo IV, p. 260), o João considerou que os professores do meio rural têm opiniões distintas dos do meio urbano: *“Acho que sim que há diferença entre o que os professores do meio rural concebem o que é a ciência e qual o papel dela, em comparação com os professores do meio urbano”, e remete para a influência que o contexto social exerce nas concepções que cada um tem sobre ciências. A relação entre as concepções de cada um sobre ciências e o meio social de origem foi outro aspecto analisado por Canavarro (2000). Os dados recolhidos sugeriram que “Os sujeitos provenientes do meio urbano revelaram maior cautela quanto ao progresso científico e tecnológico, contrariamente à parte rural da amostra, que se mostrou muito mais receptiva e mesmo desejosa de investimento científico e tecnológico nas localidades donde é proveniente”* (Canavarro, 2000, p. 129).

A Olga corroborou este aspecto, referindo que as concepções que cada professor tem sobre ciências variam atendendo ao contexto social em que se insere, reflectindo-se, por exemplo, no interesse e receios que expressam em relação às ciências. Acrescentou ainda que, para aqueles que possuem mais conhecimentos, poderá ser problemático, pois os receios serão também maiores: *“as pessoas do meio rural têm uma concepção diferente da do meio urbano e para estes, de facto, poderá ser o reverso da medalha”*.

A Inês, por seu lado, preferiu não emitir opinião, parecendo estar ausente.

Em síntese, estes resultados indiciam que as vivências pessoais, as experiências educacionais anteriores, formais, informais e não formais, e os contextos sociais de cada aluno, influenciam as concepções que os cidadãos possuem sobre ciências, os cientistas e sobre as suas inter-relações com a sociedade. Factores como o “*meio social, formação curricular, (...) hábitos informais de consumo da ciência (ver programas de televisão, ler revistas...) ou a atitude relativamente à ciência assumem-se como diferenciadores e determinantes, em medida e peso a ponderar, das concepções de ciência*” (Canavarro, 2000, p. 80).

IV. 2.2.2.2. Aspectos epistemológicos relevantes no ensino de ciências e natureza das ciências

A recolha, identificação, análise e discussão de dados acerca das concepções, crenças e atitudes dos alunos-futuros professores e possíveis mudanças/reformulações dessas concepções, crenças, atitudes e comportamentos ao longo da intervenção, relativas a **i)** significados atribuídos ao conhecimento científico, pedagógico e profissional, **ii)** natureza e ethos das ciências, **iii)** mitos associados às ciências e à produção de conhecimento científico, e **iv)** educação em, sobre e pelas ciências, descrevem-se e analisam-se a seguir.

i) Significados atribuídos ao conhecimento científico, pedagógico e profissional

Ao “*pretender-se melhorar o ensino da ciência, torna-se importante saber o que os professores pensam acerca daquilo que ensinam*”, particularmente, qual o seu conhecimento em relação ao “*assunto a ensinar*”; aos “*conteúdos pedagógicos relacionados*”, a “*outros conteúdos*”, ao “*programa*”, “*alunos*”, “*objectivos educativos*” e “*estratégias pedagógicas gerais*” (Canavarro, 2000, p. 46).

A terceira aula serviu para se abordarem estes aspectos e se colocarem questões relacionadas com as concepções dos alunos sobre conhecimento científico, pedagógico e suas relações com o profissional, na convicção de que, reflexões sobre esses assuntos,

poderiam conduzir a níveis de consciencialização mais profundos sobre a identidade profissional de cada um. Uma das questões colocadas pela investigadora-professora: “*Que significado atribui ao conhecimento científico, pedagógico e profissional, como os caracteriza e como percebe a forma como se inter-relacionam no contexto da disciplina de ciências de natureza?*” (Ficha 2 - Anexo IV, p. 261), encerrou concepções e crenças da investigadora-professora em relação ao conhecimento profissional de um professor, nomeadamente, restringindo o conhecimento profissional ao conhecimento científico e pedagógico e pressupondo que o contexto disciplinar de Ciências da Natureza exerceria nítida influência no modo como os conhecimentos se articulavam (Lederman, 2007).

Na generalidade, as concepções expressas pelos alunos sobre conhecimento científico, pedagógico e suas relações com o profissional evidenciaram as suas crenças e estereótipos em relação ao conhecimento científico, à necessidade de conhecimento pedagógico para desenvolver conhecimento científico e à importância de ambos para o conhecimento profissional. Assim, o João considerou que:

“O conhecimento científico expressa o conjunto de conhecimentos e a compreensão da ciência em causa, capacidade de relacionar diferentes conceitos e conteúdos ou seja, são os fundamentos, teorias/axiomas comprovados e aceites pela comunidade científica. O conhecimento pedagógico tem a ver com uma série de técnicas, métodos e estratégias para o seu desenvolvimento e a sua transmissão e exploração (ensino)”.

Acrescentou que: “só é possível dominar o conhecimento científico, depois adquirir e desenvolver um conhecimento pedagógico”.

A Inês e a Olga não quiseram expressar as suas opiniões.

Em relação ao comentário do João, a investigadora-professora fez questão de esclarecer alguns aspectos sobre o conhecimento profissional. Assim, explicitou que, dos múltiplos aspectos envolvidos no conhecimento profissional de um professor, se podem realçar variadas dimensões “*que cada profissional (...) invoca para agir*” (Sá-Chaves, 2000, p. 46), que se articulam num só conhecimento “*em acção, aberto, dinâmico e flexível capaz de se tornar responsivo à especificidade de cada situação*” (Sá-Chaves, 2000, p. 45) e à imprevisibilidade contextual da acção prática (Sá-Chaves, 2000). Assim, a docência como profissão não requer apenas conhecimento de conteúdo científico, da matéria científica e disciplinar a ensinar e algum conhecimento pedagógico, mas sim “*conhecimento do curriculum*”; “*conhecimento pedagógico geral*”; “*conhecimento dos fins, objectivos e valores educacionais*”; “*dos aprendentes e das suas características*”; “*conhecimento pedagógico de conteúdo*”, dos “*contextos*” e “*sobre si próprio*” (Sá-Chaves, 2000, p. 45). Isto é, importa reconhecer “*as múltiplas dimensões tidas como fundamentais [e complementares] ao processo de construção de saberes científicos, pedagógicos e/ou*

técnicos, mas também à emergência de atitudes cada vez mais conscientes relativamente à cultura, à ética e aos valores fundamentais da humanidade” (Sá-Chaves, 2000, p. 47).

Relativamente à leitura e análise do documento 3 (propostas na Ficha 2, aula 3, Anexo IV, p. 261), relacionado com conhecimento científico, pedagógico e profissional de um professor, os alunos-futuros professores expressaram dificuldades na leitura e compreensão do conteúdo em causa, considerando o João que o documento: “não tem nada a ver” com a questão colocada anteriormente, e a Inês que: “o texto é um bocado confuso, não tem a ver com a questão que colocou”. Tendo em conta as opiniões expressas pelos alunos-futuros professores, a investigadora-professora clarificou as ideias expressas no documento e facultou aos alunos-futuros professores uma grelha de leitura (Anexo III, p. 259) para os orientar na leitura e ajudar na compreensão dos documentos de apoio.

ii) Natureza e ethos das ciências

Dos dados recolhidos sobre as concepções de cada aluno-futuro professor sobre NCs e “ethos” das ciências, em particular, as decorrentes nas aulas 4 e 5 (Anexo I, p. 253-254), apenas o João expressou o seu ponto de vista na resposta à questão da Ficha 3 (Anexo IV, p. 262):

João: Natureza das ciências tem a ver com o conhecimento científico, a teoria, os métodos, as estratégias e os juízos de valor e cognitivos das ciências (aula 4).

A Olga e a Inês não quiseram expressar as suas opiniões.

A investigadora-professora foi percepcionando dificuldades destes alunos-futuros professores em reflectirem sobre os seus conhecimentos e expressarem as suas opiniões. Aparentemente, as suas atitudes e comportamentos eram concordantes com as facetas motivacional, representacional e socioprofissional evidenciadas por cada um, apresentadas em IV.2.2.1.2. Estes alunos-futuros professores parecia não terem hábitos de reflexão sobre os seus conhecimentos processuais e epistemológicos, nem lhes reconheciam importância para a sua formação. Demonstravam, assim, pouca desenvoltura metacognitiva (Gunstone e Mitchell, 2000), dado que evidenciavam

ausência de qualquer tipo de reflexão sobre a natureza e os processos das ciências, mormente, sobre os contextos e os processos de produção e de validação científicos.

O facto de, novamente, a Inês e a Olga não quererem participar, ou participarem apenas quando expressamente solicitadas, parece indiciar experiências educativas e práticas docentes anteriores centradas essencialmente nos produtos científicos, remetendo para um plano insignificante qualquer tipo de reflexão sobre as ciências (Reis e Galvão, 2003). O mesmo é dizer que os *“professores no geral, determinados a cobrir de forma exaustiva os conteúdos programáticos e a auxiliar os seus alunos na obtenção de boas classificações nos exames, não se envolvem nem se preocupam com aspectos processuais ou epistemológicos da ciência”* (Reis e Galvão, 2005, p. 93).

De igual modo, mediante a proposta de análise sobre a evolução do “ethos” das ciências (Ficha 4, documento 8, Anexo IV, p. 263, aulas 4 e 5), os alunos confessaram que, até àquela data, nunca tinham pensado sequer sobre a evolução/mudanças nos usos e costumes das ciências, ou reflectido por exemplo, sobre a influência que o *“meio cultural contemporâneo”* exerce no “ethos” das ciências (Santos, 1999, p. 32).

Acrescentaram depois, após insistência da investigadora-professora, que esta evolução deveria ocorrer porque “a sociedade coloca desafios à ciência e a ciência coloca outros à sociedade (resposta do João, com aparente concordância da Inês e Olga)

A investigadora-professora interveio para realçar que o ensino actual, ao reflectir uma imagem estereotipada dos usos e costumes das ciências, inviabiliza a desejada integração de actividades educativas de ciências em contextos do mundo real. Acrescentou que é necessário reconhecer a *“reaproximação [das ciências] ao senso comum”* (Santos, 1999, p. 48) o *“estreitamento das ligações da ciência à técnica, à sociedade, a questões éticas (ibid.)*, a *“valores sociais, a estruturas de comunicação e de poder” (ibid.)*, e o alargamento do *“contexto em que a ciência opera a contextos técnicos, sociais, culturais”* (Santos, 1999, p. 49). Salientou ainda que é necessário desafiar o processo tradicional em que se desenvolve a ciência, como se de um trabalho isolado se tratasse, para *“uma “nova” forma de produção da ciência”* de *“co-produção e de avaliação da ciência em contextos não disciplinares”, “contextos que são eles próprios a solicitar a produção de saberes e de competências” (ibid.)*.

Por último, a investigadora-professora referiu que o reconhecimento dos contextos e dos processos onde opera a produção e validação de cada ciência, simultaneamente, a ocorrência de mudanças no “ethos” das ciências, conduziu à necessidade de se inovarem as práticas em ensino de ciências, visando integrar inter-relações CTS e promover o sentido de responsabilidade pessoal e social nos alunos.

iii) Mitos associados às ciências e à produção de conhecimento científico

As opiniões expressas nas respostas à questão da Ficha 5 (Anexo IV, p. 264), após leitura e análise do documento 6 (ver Ficha 2 - Anexo IV, p. 261), permitiram evidenciar a existência de concepções, crenças e atitudes inadequadas sobre ciências e produção de conhecimento científico, como a seguir se explicita apresentando indicadores de cinco mitos: 1 - A chave mestra para abrir as portas à descoberta científica é o método científico, 2 - Identificação da ciência com experimentação como mera constatação ou verificação, 3 - O conhecimento científico é o nosso modo de conhecer o mundo e a observação científica é o nosso modo de olhar, 4 - Com a aplicação do método científico, de evidências acumuladas resulta sempre um conhecimento objectivo, seguro e 5 - A história da ciência é feita por sábios geniais e é transparente

1 - A chave mestra para abrir as portas à descoberta científica é o método científico

Relativamente ao primeiro mito, o João expressou oralmente a opinião sobre uma das afirmações evidenciadas na questão da Ficha 5, que não há só um método que leva à descoberta científica: "Não chega, existem outros", a Olga realçou a importância da descoberta por acaso: "Provavelmente constitui o único método, exceptuando as descobertas que surgem por acaso e que descobrimos sem fazer algo de novo" e a Inês afirmou que se pode descobrir coisas sem recorrer ao método científico: "Não é preciso saber o método científico para descobrir coisas".

O João reconhece, assim, que há vários métodos, embora não tenha clarificado se incluía neles o designado *método científico*, enquanto um pressuposto método geral, universal, padronizado, consagrado por um conjunto de passos ordenados, "*caminhando-se sistemática, linear e sequencialmente dos factos para as ideias, e da observação para a conclusão*" (Santos, 1999, p. 58).

A Inês e a Olga parece não reconhecerem que a especialização das ciências tem acarretado uma pluralidade de métodos (Santos, 1999, Almeida, 2000b). Igualmente parece acreditarem na ideia de que "*os factos [descobertos] parecem ostentar a força suficiente para, só por si, desencadear ideias por actividade interpretativa*" (Santos, 1999, p. 62).

2 - Identificação da ciência com experimentação como mera constatação ou verificação

Relativamente ao segundo mito, o João expressou oralmente o seu desacordo pois, para ele, a ciência não é só constatação e/ou verificação: “Não chega, falta qualquer coisa” (reflexão sobre uma das afirmações evidenciadas na questão da Ficha 5). A Olga e a Inês expressaram opinião oposta: “é sim”.

Por um lado, não é de estranhar que a Olga e a Inês identifiquem a experimentação como meio para procurar apenas e quase sempre o que já se sabe, não aquilo que não se sabe. Por outro, a opinião do João sugere que a ciência procura também aquilo que não sabe.

Em geral, as opiniões expressas sugerem que os alunos-futuros professores não reconhecem que o conhecimento científico se constrói, não apenas através da experimentação, mas envolve também, por exemplo, observação, análise, pesquisa documental e/ou investigação bibliográfica. Os alunos-futuros professores subestimam ainda um papel importante das ciências – a criatividade e a imaginação humanas, pois, muitas vezes, estas são *“subestimadas quando se promete aos alunos que se seguirem passo a passo as direcções metodológicas do protocolo experimental, obtêm resultados semelhantes aos dos cientistas”* (Santos, 1999, p. 60-61).

3 - O conhecimento científico é o nosso modo de conhecer o mundo e a observação científica é o nosso modo de olhar

Relativamente ao terceiro mito, o João expressou oralmente a opinião de que há unicidade no modo de se conhecer o mundo e no modo de o observar “correcto, o conhecimento científico é o nosso modo de conhecer o mundo e a observação científica é o nosso modo de olhar” (reflexão sobre uma das afirmações evidenciadas na questão da Ficha 5), desvalorizando outros conhecimentos e outros modos de olhar o mundo como defendem a Olga e a Inês, respectivamente: “Discordo, porque é uma visão limitativa, pois o conhecimento científico não é tudo. Falta o nosso conhecimento pessoal” (Olga); “Não, porque não tem a ver o conhecimento científico com a forma de olhar. Posso olhar e não usar conhecimento científico” (Inês).

Aparentemente, o João ignora o conhecimento do senso comum ou o proveniente de outras áreas científicas, como por exemplo as sociais, e.g. históricas, filosóficas,

teológicas ou outras. O João, provavelmente, não terá noção de que “*face ao mesmo objecto, se vêem coisas diferentes conforme as intenções e os pressupostos que subjazem à observação*” (Santos, 1999, p. 65). Isto é, existem diferentes modos de olhar o mundo, consoante as ideias que cada um previamente possui. Além disso, uns envolvem uma intenção, um plano e um contexto precisos, outros nem por isso.

4 - Com a aplicação do método científico, de evidências acumuladas resulta sempre um conhecimento objectivo, seguro

Relativamente ao quarto mito o João expressou oralmente a opinião, de que o conhecimento científico é “*muito sólido, definitivo, imutável, objectivo e rigoroso*” (Santos, 1999, p. 65), baseando-se numa imagem positivista das ciências: “Concordo. Senão, não acreditava na ciência” (reflexão sobre uma das afirmações evidenciadas na questão da Ficha 5).

Também a Olga não parece aperceber-se que efectuar, continuamente, observações relevantes, não assegura conclusões finais definitivas: “Sim atingimos verdades absolutas. Se não houver algo que se reconheça como seguro, cai-se por terra”. Isto é, a Olga parece pressupor que o saber surge por “*uma observação atenta e fiel dos factos, uniformemente orientada pela curiosidade e por operações de natureza indutiva*” até se atingir um “*saber de realidades irrecusáveis*” (Santos, 1999, p. 66).

A Inês exprime, ao invés, alguns receios afirmando: “Acho que sim (...) porque nem todas as experiências que se fazem podem chegar a algo concreto, pois por vezes tem-se dúvidas”. Isto é, parece aperceber-se que há alguma subjectividade e “*que os cientistas tal como outros observadores, transportam consigo conhecimentos prévios, (...) que orientam e mesmo afectam as suas observações*” (Santos, 1999, p. 66-67) e que é impossível atingir verdades absolutas. O cientista surge assim “*como alguém que recorre a representações mentais para explicar o mundo, modelos que não têm carácter definitivo, mas que são provisoriamente aceites pela comunidade científica depois de testada a sua fecundidade*” (Santos, 1999, p. 66)

5 - A história da ciência é feita por sábios geniais e é transparente

Relativamente ao quinto mito, o João e a Olga não compareceram à aula. A Inês expressou oralmente o seu desacordo “nem sim nem não porque estas pessoas não são

sábios geniais, são pessoas que trabalham em grupo e a história da ciência pode ser e não ser transparente” (reflexão sobre uma das afirmações evidenciadas na questão da Ficha 5). A Inês reconheceu, assim, que a investigação científica não se desenvolve isoladamente e que é realizada por pessoas que podem errar e que, por isso, escondem os seus erros. A resposta apresentada, não endeusando os cientistas, como se poderia admitir, revela mesmo, alguma indiferença relativamente aos cientistas

Em síntese, diversos factores parece contribuir para a perpetuação de concepções, crenças e atitudes inadequadas dos alunos-futuros professores sobre ciências e produção de conhecimento científico, nomeadamente, as práticas utilizadas pelos seus professores anteriores (e/ou actuais) ou as imagens de ciência divulgadas pelos meios de comunicação social (Reis e Galvão, 2005). Estes mitos expressam imagens sobre a NCs que, directamente ou indirectamente, se *“reportam a aspectos relacionados com a concepção de ensino sobre ciência decorrentes dos projectos saídos das reformas dos anos 60 e 70”* (Santos, 2001, p. 96), pedindo-se simplesmente ao aluno para macaquear os cientistas (Santos, 2001).

A discussão gerada em redor dos mitos tornou-se, por isso, essencial para que os alunos-futuros professores, nas aulas seguintes, se apercebessem de que a construção de conhecimento científico é influenciada pelas suas ideias prévias, pela sua imaginação e criatividade.

iv) Educação em, sobre e pelas ciências

Dos dados recolhidos sobre as concepções de cada aluno-futuro professor relativas a dimensões conceptual, processual e formativa do currículo e das áreas curriculares não disciplinares (Fichas 6 e 7 - Anexo IV, p. 265-266), em particular, as referentes à aula 6, apenas o João expressou o seu ponto de vista na resposta à questão da Ficha 6. A Inês reconheceu ter dificuldades em responder, afirmando que não sabia como justificar a sua resposta. A Olga não compareceu à aula.

A Ficha 6 pretendia identificar algumas concepções sobre as dimensões do currículo escolar, e especificamente, no que se refere a ciências. O João referiu que a *“Concepção internalista de ensino”* (uma das afirmações utilizadas na Ficha 6 - Anexo IV, p. 265) se refere: à “ciência pura (ciência como actividade neutra)”. Demonstrou dificuldade em clarificar as diferentes dimensões: a “Dimensão conceptual do currículo tem a ver com o próprio conceito

de ciência”, a “Dimensão processual do currículo tenho dificuldades em responder”, já a “Dimensão formativa presume que a ciência tem influência no indivíduo”. A resposta do João evidencia alguma confusão que poderá estar associada à utilização de termos até ao momento desconhecidos para ele. O próprio documento de apoio (documento 10 referido na Ficha 6 - Anexo IV, p. 265) parece não ter sido suficiente para o auxiliar na formulação das respostas à questão da Ficha 6.

Mediante a resposta dada pelo João à questão da Ficha 6, a investigadora-professora interveio explicitando que a concepção de ciência pura, isto é, de ciência neutra, objectiva, isenta de influências sociais e culturais, se encontra vinculada à concepção de ciências defendida na década de sessenta. Só após as reformas educativas seguintes se reequacionaram e valorizaram as três dimensões do currículo de ciências: a conceptual – referente à aprendizagem do conhecimento científico em si –, a processual – referente a formas como os conhecimentos científicos são produzidos, aprendidos e usados –, e a formativa – referente à formação pessoal e social dos alunos.

Relativamente à questão da Ficha 7 (Anexo IV, p. 266), a Inês e o João expressaram algum desconforto. A investigadora-professora reconheceu, à partida, que a Ficha que delineou apresentava alguma complexidade e exigia mesmo a leitura prévia do documento de apoio (documento 11, Ficha 7 - Anexo IV, p. 266). Esclarece-se que, devido à carga horária da investigadora-professora e à sua reduzida disponibilidade de tempo para a elaboração e reequacionamento das Fichas, em geral, estas foram redigidas na semana anterior à sua utilização.

Analisando as intervenções dos alunos-futuros professores, obedecendo à ordem como as expressões utilizadas na Ficha 7 foram analisadas, a Inês referiu que a EXPRESSÃO A: *“Dão prioridade à preparação de uma nova geração de cientistas, relativamente à do cidadão comum e alheiam-se das profundas e significativas mudanças sociais influenciadas por transformações enredadas na ciência e na técnica”*, se refere à “definição de ciência pura”. A investigadora-professora esclareceu que a expressão salienta a essência das propostas curriculares no âmbito da concepção de ciência pura, isto é, a concepção internalista das ciências (Santos, 1999) acima referida.

Em relação à EXPRESSÃO B: *“Se a escola não tiver como meta impedir que o aluno, enquanto cidadão, se deixe conduzir, sem reflexão nem debate, pela ciência e pela técnica, a decisão de assumir a responsabilidade de orientação da sociedade é subvertida (limita-se a facilitar o acesso aos conceitos e às descobertas tecnológicas)”*, o João entendeu que é a escola que tem o papel de responsabilizar os alunos para participarem activamente em exercícios de

cidadania: “o aluno não deve dominar só os conhecimentos da disciplina mas também estes têm de permitir que ele tome um papel activo na sociedade”.

Na análise da EXPRESSÃO C: “*O momento actual da reforma educativa apela a uma reconceptualização do ensino das ciências que o harmonize com o ethos das ciências e da tecnologia*”, o João considerou que esta expressão pretendia sugerir que a evolução das ciências e da tecnologia influencia a forma como se conceptualiza o ensino das ciências: “a ciência actual tem de ter implicações no próprio decorrer das disciplinas científicas, no seu próprio ensino”. A investigadora-professora interveio para destacar que a reconceptualização do ensino das ciências passa necessariamente pela revalorização da dimensão formativa das disciplinas que constituem o currículo.

Em relação à EXPRESSÃO D: “*O ensino das ciências contém virtualidades relevantes para a vida dos cidadãos*”, a Inês relacionou-a com a “educação para a cidadania”, e o João interligou-a “com a ciência pura porque o currículo escolar, formativamente, tem de contribuir para a educação em ciências”. O João revelou aqui alguma confusão. Provavelmente queria referir-se ao papel formativo que as disciplinas de ciências deveriam ter. Aparentemente não reconheceu que a concepção de ciência pura não se coaduna com as mudanças profundas no “ethos” das ciências (Santos, 1999) e está ultrapassada, uma vez que ignora a evolução dos contextos político, económico, social e cultural em que se produzem os conhecimentos científicos.

Em relação à EXPRESSÃO E: “*Tem como meta o ensino mais humanista*”, a Inês relacionou-a com a dimensão formativa: “tem a ver com a dimensão formativa do currículo, porque tem a ver com a sua valorização”, já o João realçou que “o todo contribui para as partes”, referindo-se ao facto do currículo propor orientações para as diferentes áreas disciplinares, numa perspectiva de educação para a cidadania e para todos. A investigadora-professora salientou que a concepção actual de ensino das ciências tem esta preocupação de contemplar os aspectos utilitários das ciências e de formar os alunos para melhores exercícios de cidadania.

Relativamente à análise do documento 11 (aula 7, Ficha 7 - Anexo IV, p. 266), acerca da evolução da educação “sobre” ciências para incluir também educação “pelas” ciências e dos seus marcos históricos, a Olga destacou a importância de se reconhecer que essa evolução não se fez num “*vazio social e tecnológico*” (Santos, 2001, p. 96): “a educação pela ciência veio colmatar a necessidade de se ligar o ensino das ciências à sociedade, que expressa a importância de inter-relacionar a ciência, tecnologia e a vida dos cidadãos, e a construção das ciências por todos” (comentário da aluna).

A Inês, após insistência da investigadora-professora, salientou que essa reconceptualização foi importante, pois contribuiu para melhorar a educação científica,

promovendo o aprender ciências e sobre ciências como empreendimento social: “este texto fala sobre a reforma dos anos 60 e 70, sobre a mudança conceptual nos anos 80 e 90, e que estas modificações vêm melhorar a educação científica” e focou a influência da sociedade e da tecnologia na construção de conhecimento científico: “Caminha-se para uma ciência construtivista, porque a ciência está ligada à técnica e à sociedade”. A investigadora-professora destacou que esta reconceptualização contribuiu para melhor justificar a inclusão das inter-relações CTS no ensino das ciências, enquadrando-se numa abordagem construtivista, promotora de autonomia e participação dos alunos, de trabalho em grupo, de negociação e partilha de significados, para (re)formulação de conceitos e reflexões sobre conhecimentos dos alunos (Canavarro, 1999).

A investigadora-professora apresentou uma figura (documento 11.2., Anexo V) para melhor representar e clarificar as inter-relações que se estabelecem entre educação “em”, “sobre” e “pelas” ciências. Cada uma destas dimensões articulava-se ainda com ensino por “aquisição conceptual” e por “mudança conceptual”, bem como com concepções “de ensino de ciência pura” e de “CTS de ensino das ciências”. Explorando significados subjacentes a representações na figura, a investigadora-professora realçou o interesse em incluir inter-relações CTS no ensino e aprendizagem das ciências, por estas contribuírem para uma formação de qualidade, ao veicularem um ensino das ciências mais humanista e atenderem às *“necessidades sociais relacionadas com saberes científicos e tecnológicos”* dos alunos (Santos, 1999, p. 26).

IV.2.2.2.3. Inter-relações CTS em educação em ciências

Na intervenção procurou avaliar-se o interesse dos alunos-futuros professores sobre inter-relações CTS em educação em ciências, com base na descrição e análise das respostas às questões das Fichas 8 e 9 (Anexo IV, p. 267-268) e na análise das reflexões expressas nos comentários dos alunos-futuros professores aos documentos 12 a 16 (leitura e análise propostas nas Fichas 8 e 9 - Anexo IV, p. 267-268).

Em relação ao modo como os alunos-futuros professores avaliavam a unidade curricular “Diversidade animal”, do programa de CN (Ciências da Natureza) do 5º ano de escolaridade, de entre as categoria(s) definidas na tabela de Aikenhead (1994) (Ficha 8 - Anexo IV, p. 267), a Olga referiu que: “A unidade curricular, diversidade animal, pertence à categoria 5, atendendo às categorias definidas na tabela de Aikenhead, porque apresenta uma

série de conteúdos, todos eles desenvolvidos num modo tradicional”. Acrescentou: “Há uma selecção dos conteúdos iguais aos do meu tempo, mas como o início aborda coisas exteriores parece-me que é talvez 30% de CTS” (Ficha 8, Anexo IV, p. 267). Justificou a sua opção referindo que: “O conteúdo CTS serve de veículo para organizar esta unidade curricular”. A Inês manifestou a sua concordância com este ponto de vista.

Em relação à leitura e análise do documento 12 relativo à inclusão de inter-relações CTS no ensino de ciências (Ficha 9 – Anexo IV, p. 268, aula 7), a Inês expressou algum desconforto, estabelecendo, inadequadamente, relações entre ciência pura e o ensino numa perspectiva CTS: “Acho o documento confuso. (...) Para mim tem a ver com ciência pura”. O João expressou que o ensino numa perspectiva CTS se integra numa educação pelas ciências: “Corresponde ao último marco histórico, debatido na última aula: educação pelas ciências”. A Olga frisou algumas ideias expressas no documento de consulta (documento 12, Ficha 12 - Anexo IV, p. 274-275): “Não conheço a perspectiva de ensino CTS. Li o documento e achei interessante. Em termos resumidos realça a necessidade de desenvolver uma cidadania responsável, individual e social, para lidar com problemas de dimensão científica e tecnológica”.

É interessante que a Olga sublinhou dois excertos do documento 12 (Santos, 2001), por considerar que expressavam o “excesso de confiança” atribuído à tecnologia e às ciências. Um deles: “*O bluff do discurso tecnológico e o poder de que arroga o técnico, tem o efeito redutor a nível da sociedade*” (documento 12 – Santos, 2001, p. 28) expressa uma concepção claramente oposta à do especialista/técnico que soluciona os problemas sociais de um modo eficiente e ideologicamente neutro. Ou seja, a Olga parece estar de acordo com Auler e Delizoicov (2006) em relação aos receios de perpetuação do mito da “*superioridade/neutralidade das decisões tecnocráticas*” (Auler e Delizoicov, 2006, p. 341).

A Olga realçou ainda um outro excerto do mesmo documento 12: “*Esgravatar*” a partir de áreas diferentes pode desmistificar o mito do cientismo – convicção de que há uma ciência (actual ou potencial) para tratar com todos os problemas” (Santos, 2001, p. 26), evidenciando que se opõe totalmente à ideia de que os problemas que hoje existem, e os que vierem a surgir, serão automaticamente resolvidos com o desenvolvimento cada vez maior da ciência e tecnologia e de mais e mais ciência e tecnologia (Auler e Delizoicov, 2006). Isto é, a sua opinião parece oposta à da “*perspectiva salvacionista/redentora atribuída à ciência e tecnologia*” (Auler e Delizoicov, 2006, p. 341), acima referida.

Em relação ao modo como os alunos-futuros professores avaliariam a unidade curricular “Diversidade animal” do programa de CN do 5º ano de escolaridade, de acordo com as

“*expectativas para um ensino de ciências de tipo CTS*” (Santos, 1999, p. 220) das definidas por esta autora, a Olga sugeriu as categorias 8.1 e 9.1: “nas expectativas de Santos, encaixo a professora cooperante na categoria 8.1. e 9.1. (...) No entanto, a ligação ao exterior está muito presente sempre no começo de cada unidade programática.” (opinião expressa pela Olga na resposta à questão 2 da Ficha 9 - Anexo IV, p. 268).

A Olga justificou a sua resposta sublinhando excertos do texto do documento de apoio (documento 13 – Santos, 1999, Anexo V, p. 291-292). Assim, para a Olga, a unidade curricular “Diversidade animal” do programa de CN do 5º ano de escolaridade encontra-se desenvolvida de modo a promover “*experiências vicariantes e contextos de acção, incluindo casos de “uso do conhecimento científico” em contextos sociais específicos*” (excerto do documento 13 - Santos, 1999, p. 223). Mais, considera que colocando os “*alunos em contacto com situações problemáticas reais*” se desenvolverá “*abertura a essas situações e valores com elas relacionados*” (excerto do documento 13 - Santos, 1999, p. 223).

Relativamente ao relevo que a imprensa escrita atribui aos temas de ciências com dimensões sociais e tecnológicas, a Inês e o João trouxeram para a aula alguns jornais que incluíam artigos relacionados com temáticas de ciências, nomeadamente, de agricultura biológica, biotecnologia, contaminação de águas. Para o João estes temas eram: “assuntos que estavam na moda”.

A relevância dada a temas de ciências torna-se mais evidente quando as populações se sentem mais afectadas. Por exemplo, temas de nível nacional como “*as controvérsias em torno da BSE, de Foz Côa*”, ou “*dos OGM*”, ou de nível internacional como “*as controvérsias em torno das aplicações da biotecnologia, da luta contra o vírus da sida ou o cancro*”, ou os “*problemas ecológicos*”, a “*exploração espacial*” têm vindo para o primeiro plano dos meios de comunicação social (Mendes, 2002, p. 44). A biotecnologia tem igualmente “*estado en el centro de los debates sociales*” (Acevedo Díaz, 2006, p. 375), como “*uno de los campos de la tecnociencia más polémicos y sensibles para la sociedad, debido a las implicaciones éticas e morales que lo acompañan*” (Acevedo, 1998, p. 118).

Em relação ao modo como, de entre as categorias de Santos (1999) (aula 8), os alunos-futuros professores avaliavam a professora cooperante do estágio à prática pedagógica (questão colocada oralmente pela investigadora-professora), a Inês e o João concordaram que se incluía nas categorias 6 e 7: “Eu encaixaria a professora cooperante entre a categoria 6 e 7, porque dá muita importância às questões colocadas pelos alunos na aula

influenciados pelo que vêem na televisão e na net.” (opinião expressa pelo João, com a concordância da Inês). Esta opinião reforça a ideia de que os meios de comunicação social continuam a ser um veículo importante da ciência. Com efeito, verifica-se um aumento gradual da sua utilização pelos alunos (Costa et al., 2002).

Em relação aos conteúdos do programa curricular de CN do 5º ano de escolaridade que melhor expressariam inter-relações CTS (questão colocada oralmente pela investigadora-professora), o João sugeriu que a unidade biosfera seria onde a professora cooperante melhor evidenciaria essas inter-relações: “a professora cooperante consegue desenvolver abordagens CTS principalmente na unidade curricular “a biosfera” do programa de CN do 5º ano de escolaridade”.

Em síntese, o envolvimento dos alunos-futuros professores em reflexões sobre a inclusão de inter-relações CTS no ensino e aprendizagem de ciências teve o propósito claro e explícito de aproximar as suas perspectivas sobre práticas de ensino de ciências, continuada e gradativamente dos critérios subjacentes a uma ou outra perspectiva CTS de Santos (1999) ou a uma ou outra categoria CTS de Aikenhead (1998): *“The eight categories of STS science provide a language for discussing various structures for STS curricula, classroom materials, and teachers’ instruction. For instance, we can expect that many science teachers will at first be more comfortable teaching a category three curriculum than a category four curriculum”* (Aikenhead, 1998, p. 9).

O João e a Olga enumeraram ainda alguns constrangimentos ou reservas dos professores de ciências face à integração de perspectivas CTS nas aulas de ciências, tais como: a “falta de tempo por parte dos professores” (Olga) para a preparação desta nova abordagem, o “receio de uma aprendizagem menos exigente” (João), o “não cumprimento do programa da disciplina” (Olga), o modo como desenvolveram a sua formação anterior “onde esteve ausente esta perspectiva” (João), ou mesmo, “o receio de não o saberem fazer” (João).

A investigadora-professora salientou que é prioritário incluir conteúdos CTS no ensino e aprendizagem de ciências, dado que todos os alunos, enquanto cidadãos, devem ser capazes de, na sua vida prática, ponderar argumentos e tomar decisões, atendendo aos enormes avanços da investigação científica e tecnológica dos nossos dias. Também numa perspectiva de educação para desenvolvimento sustentável, a inclusão, por exemplo, de temas como a biotecnologia nos currículos de CN se justifica pela sua relevância para a sociedade, dadas as ligações à produção de alimentos e tratamentos médicos, entre outras.

O problema está em que os programas de CN do ensino básico apenas enunciam *“que a compreensão da ciência deve passar pela aplicação dos conceitos na resolução de*

problemas de vida real” (Martins e Veiga, 1999, p. 56). Ora, o que importa é o reverso, isto é, “a orientação CTS para o ensino das ciências [deve partir] (...) dos problemas reais para a aprendizagem de conceitos necessários à sua compreensão e resolução” (*ibid.*).

O ensino das ciências, continuando a ignorar as inter-relações com a tecnologia e a sociedade (Santos, 1999, Canavarro, 2000), continuará também a perpetuar práticas alheadas da sua dimensão formativa e indiferentes à promoção de uma adequada cultura científica (Chamizo e Izquierdo, 2005), dado que “*la ciencia escolar tiende a transmitir una imagen de la ciencia del pasado, la que produjo los conceptos habitualmente incluidos en el currículo, pero no de la ciencia y la tecnociencia contemporáneas, las cuales se haen hoy en los laboratórios de diversas instituciones*” (Acevedo et al., 2007, p. 43). Assim, a inclusão de inter-relações CTS no ensino de ciências é relevante porque permite promover nos alunos, em geral, nos alunos-futuros professores, em particular, o interesse pelas ciências, o sentido de responsabilidade social, bem como o desenvolvimento de competências para a tomada de decisões (e.g. espírito crítico, pensamento lógico). Desta forma, a inclusão de inter-relações CTS em educação em ciências contribui para o desenvolvimento da literacia científica dos alunos (Membiela, 1995, 1997).

IV.2.2.2.4. Desafios na formação inicial de professores

A recolha, identificação, análise e discussão de dados acerca das concepções, crenças e atitudes dos alunos-futuros professores e possíveis mudanças/reformulações dessas concepções, crenças, atitudes e comportamentos ao longo da intervenção, relativas ao aprender investigando, investigar para aprender na formação inicial (**2.2.2.4.1.**) e à reflexão sobre a acção (**2.2.2.4.2.**), descrevem-se e analisam-se a seguir. Em particular, na secção **2.2.2.4.1.** descrevem-se e analisam-se os dados relativos aos PIs concebidos, implementados e desenvolvidos pelos alunos-futuros professores: **i)** selecção do objecto de estudo, problematização e identificação de sub-problemas, **ii)** desenho do plano de investigação e **iii)** execução prática de TE/TL do plano de investigação. Na secção **2.2.2.4.2.** descrevem-se e analisam-se os dados relativos a concepções dos alunos-futuros professores sobre inter-relações entre conhecimento científico disciplinar,

pedagógico-didático, aspectos de NCs, perspectivas de PI e TE e de integração de inter-relações CTS em ensino de ciências.

IV.2.2.2.4.1. Aprender investigando, investigar para aprender na formação inicial

i) Selecção do objecto de estudo, problematização e identificação de sub-problemas

A investigadora-professora definiu objectivos gerais para a concepção de PIs pelos alunos-futuros professores: 1) selecção de documentos e notícias actuais de relevância social/ambiental a nível local e/ou global; 2) debate de ideias prévias sobre as temáticas aí abordadas; 3) identificação de problemas envolvendo inter-relações CTS e passíveis de resolução através da implementação de PIs no ensino das CN, no 2º ciclo; 4) definição e selecção de problema(s) (e sub-problemas) para posterior investigação e 5) reflexão e discussão em grupo sobre a pertinência, adequação e interesse em desenvolver PIs em educação em CN, 2º ciclo.

O João foi quem se apresentou mais motivado e interessado, manifestando compreender o que se lhe pedia relativamente à concepção de PIs. Levou jornais para a aula onde assinalou situações e notícias com relevância social/ambiental a nível local e/ou global, seleccionou o tema OGMs, por ser o que lhe despertava maior curiosidade, evidenciando interesse em saber mais sobre o tema, e formulou questões de partida para o seu PI, após partilha de ideias com a investigadora-professora e as colegas (Fichas 10 e 11 - Anexo IV, p. 269-273):

“Após a transformação genética, os alimentos “ficam” melhores?

Como se efectua esta transformação?

Será que os legumes transgénicos podem substituir em termos de características, produção e a nível económico os legumes não transgénicos?

Porque não se utiliza estes legumes se a produção é mais elevada num curto período de tempo? Por exemplo, quando há seca poder-se-á utilizar este tipo de produção” (questões identificadas pelo João)

A Inês permaneceu calada, denunciando alguma preocupação, parecendo não compreender bem o que lhe era pedido. Solicitou o auxílio do João, da Olga e da investigadora-professora para analisar os recortes de jornais que continham conteúdos

de ciências, referiu que tinha dificuldades em identificar conteúdos de maior impacto social, em expressar o seu ponto de vista e esperou que os colegas seleccionassem os temas que mais interesse lhes despertavam, para depois optar pelo tema “Pesticidas e o seu efeito nos seres vivos” (opiniões expressas pela Inês).

A Inês parecia ter dificuldades em seleccionar e identificar um problema, ou questão, de partida: “A minha dificuldade é descobrir um problema para trabalhar...” (opinião expressa oralmente pela aluna). A atitude da Inês assemelha-se à que alunos-futuros professores manifestam quando lhes é solicitado que concebam e elaborem um plano de investigação: “*students have considerable difficulty in designing experiments and interpreting results*” (Sandoval e Reiser, 2004, p. 346).

A Inês referiu que iria pedir aos engenheiros que trabalhavam com os pais documentos sobre pesticidas para melhor se fundamentar teoricamente sobre o tema. No final da aula, a Inês pareceu evidenciar algum alívio afirmando que finalmente entendia o que lhe era pedido e, por isso, as questões de partida do seu PI seriam:

“Se eu utilizar um pesticida num terreno para destruir a erva, qual é o seu efeito nas culturas que vierem aí a praticar-se?

As culturas desenvolvem-se melhor num terreno que foi sujeito a pesticidas ou num terreno onde não se utilizou pesticidas?

Quais os malefícios dos pesticidas?

É rentável ou não o uso de pesticidas?” (questões identificadas pela Inês).

De acordo com documentos de apoio facultados pela investigadora-professora, a Inês englobou herbicidas, fungicidas e insecticidas na classe de pesticidas.

A Olga confessou que não lhe apetecia fazer nenhum trabalho. Perguntou mesmo se o tinha de fazer, pois não lhe interessava a nota que iria ter (como se referiu em IV.2.2.1.2., alínea iii). Referiu que lhe bastava a classificação de 10 valores e que estava preocupada com a aula de CN que iria dar daí a cinco dias no âmbito da prática pedagógica. Após insistência da investigadora-professora, a Olga acabou por seleccionar o tema “*Detergentes e os seus efeitos poluidores*”, formulando as seguintes questões de partida para o seu PI:

“A utilização de detergentes em excesso contamina as águas?

Qual é o destino das águas com detergentes?

Qual é o detergente mais nocivo?” (questões identificadas pela Olga).

Esclarece-se que a selecção dos temas, formulação de questões e identificação de problemas pelos alunos-futuros professores circunscreveu-se aos jornais e revistas, diários ou semanais, facultados por eles e pela investigadora-professora. A utilização

destas fontes como estratégia de formulação de questões e identificação de problemas é igualmente defendida por outros investigadores (e.g. Chin e Chia, 2005; Martins et al., 2004b) como *“um elemento estruturador; ajudando a motivar perguntas e organizar explicações”* (Martins et al., 2004b, p. 108) e um meio de estimular a autonomia de alunos na concepção, planeamento e implementação de PIs. No entanto, é importante que o professor ou professora esteja presente para orientar os alunos na concepção e planeamento de PIs: *“teacher can help students by asking appropriate guiding questions to plant (...) seed ideas, which can then prime a series of questions related to the topic of interest”* (Chin e Chia, 2005, p. 59). Em particular, na concepção e planeamento de PIs pelo João, Olga e Inês, foi essencial a investigadora-professora auxiliar na tomada de decisões sobre os problemas e sub-problemas a investigar, de forma a abordá-los, tendo em vista construir soluções apropriadamente. Foi também importante promover o debate sobre alguns critérios relacionados com o desenvolvimento de PIs, *“como a sua exequibilidade face ao tempo exigido e equipamentos básicos disponíveis, bem como a sua pertinência curricular”* (Almeida, 2000a, p. 50).

ii) Desenho do plano de investigação

Nas aulas de 9 a 13 os alunos-futuros professores manifestaram algum receio relativamente ao delineamento do seu plano de investigação, incluindo a elaboração de organizadores gráficos (actividades propostas nas Fichas 11 a 13 – Anexo IV, p. 270-276). Em relação a estes, os alunos-futuros professores referiram não ter qualquer experiência na elaboração de mapas de conceitos e de Vês de Gowin (opiniões expressas pelo João e pela Olga oralmente). Admite-se que, além das dificuldades esperadas no desenvolvimento de actividades novas, a elaboração destes recursos heurísticos seja ainda mais difícil devido às exigências acrescidas de reflexão e autonomia: *“the openness leads to great uncertainty in its structure, the number of propositions, and the propositions choice”* (Yin et al., 2005, p. 182).

Os alunos-futuros professores apontaram alguns factores limitativos à execução do plano de investigação, designadamente, *“demasiada exigência ao ser-lhes solicitado a pesquisa teórica e a preparação de toda a actividade experimental”* (Olga), *“dificuldade em articular o percurso investigativo com o imenso volume de conteúdos teóricos e processuais facultados pela*

professora” (Olga), “o pouco material de laboratório existente” (João), a “pouca disponibilidade de tempo” (Inês) (opiniões expressas oralmente pelos alunos-futuros professores). Estes dois últimos aspectos já vêm sendo realçados noutros estudos envolvendo formação de professores de ciências: *“science teachers consistently note that are insufficient time and material to support new practices”* (Jones e Carter, 2007, p. 1084).

Especificamente, as dificuldades experienciadas pela Inês no domínio da execução prática do plano de investigação incidiam sobretudo na articulação entre os conteúdos teóricos e os procedimentos, os recursos e o tempo. Relativamente aos conteúdos, manifestou desconhecimento das matérias que pretendia aprofundar, o que a levou a procurar auxílio. “A Inês trouxe um dossier facultado pelos engenheiros de que tinha falado, sentia-se completamente perdida, sem saber como desenvolver a actividade presente na Ficha 10 relacionada com a concepção e execução prática do PI. Solicitou a ajuda da investigadora-professora e dos colegas para selecção das ideias que tinha de apresentar na redacção do seu PI. Continuava como que “paralisada”. Posteriormente, na aula número 11, reparou que o seu tema se encaixava numa das unidades curriculares do 5º ano de escolaridade. Não é de estranhar, pois esta postura reflecte os aspectos específicos da sua personalidade, já salientada anteriormente”.

Em relação ao delineamento das actividades, a Inês confessou que tinha “receios em seleccionar recursos e controlar o tempo, pois nunca tinha efectuado nenhum TE sem seguir um protocolo e, por isso, tinha dificuldades planear e executar um TE”.

Para a Olga, planear não era uma tarefa difícil, afirmando que tinha muita experiência a planear aulas. O problema está no “para quê realizar este trabalho?”, pois referia, que não tinha tempo para explorar o tema seleccionado por si, planear e executar o TE. Considerava-se criativa, embora esta criatividade se tenha confinado, como se viu depois, à recolha de ideias em manuais escolares para a selecção dos materiais e dos procedimentos (ver Anexo IX – plano de investigação da Olga, p. 297). Disse que apreciava ter as suas próprias ideias como ponto de partida para a sua aprendizagem e não para serem consideradas erradas.

A Olga reconhecia o método expositivo como o método ideal para abordar temas de ciências com relevo social: “como desenvolvi a minha formação anterior com base no método expositivo, considero que este é o método ideal para apresentar a actividade experimental que estou a planear”. Para a Olga, o método expositivo era o método com o qual se sentia mais à vontade e, por isso, com o qual se sentia mais segura para expor o TE de forma clara e acessível (opinião expressa pela Olga). A investigadora-professora, ao pressentir que a Olga se estava a referir a uma actividade experimental de cariz demonstrativo efectuada pelo professor, interveio esclarecendo que o TE pressupunha diversas finalidades e que o método demonstrativo com um grau de abertura reduzido era aquele que menos

contribuía para o desenvolvimento de competências científicas de domínio substantivo, processual e atitudinal desejáveis num trabalho como este. A Olga redigiu um primeiro esboço do plano de investigação remetendo apenas para o método expositivo – não propôs qualquer actividade experimental: “A Olga mostrou-se empenhada desenvolvendo sozinha a actividade presente na Ficha 11. Identificou os problemas, anotou a relevância do tema e reflectiu sobre o seu enquadramento numa das unidades curriculares do ensino básico. Trouxe também rótulos de detergentes para a aula e esteve a analisar o que apresentavam. Em seguida fez um esboço do seu mapa de conceitos relativo ao tema que pretendia explorar, ou seja, desenvolveu a actividade proposta na Ficha 12. Não planeou qualquer actividade experimental”.

Em relação ao planeamento das actividades, o João mostrou-se “compreensivo e interessado, continuando a delinear as etapas do seu PI e simultaneamente, procurando auxiliar a Inês. Confessou que o tema que tinha seleccionado era complexo e por isso ia para casa efectuar pesquisa na net e em livros, e construir um texto teórico de enquadramento ao seu PI”. Na aula seguinte (aula 12), mostrou-se preocupado com os materiais de laboratório a utilizar no seu TE e com o cumprimento dos objectivos que inicialmente tinha proposto para o seu PI: “por vezes deparamo-nos com dificuldades que não imaginávamos que pudessem surgir”. Pareceu demonstrar grande capacidade de reflexão: “planificar contribui para tomada de consciência da grande complexidade de elementos que é necessário articular, reformular e/ou prever”. Estes seus comentários parece evidenciar um confronto implícito entre as suas concepções pessoais sobre como realmente se deve desenvolver PIs, as opções que se têm de tomar para desenvolver TE/TL e o que realmente pretendia desenvolver: “*beliefs and attitudes influence instructional practices*” (Jones e Carter, 2007, p. 1067). A sua preocupação remete para o uso adequado do saber científico (Sanches e Silva, 1998).

Em suma, as dificuldades sentidas e expressas pelos alunos-futuros professores, *e.g.* a complexidade que pressentiam na operacionalização dos problemas (por parte do João), o conhecimento, ou não, dos conteúdos em causa, a dificuldade que sentiam na pesquisa documental (em particular, por parte da Olga e Inês), assim como a dificuldade que tinham em interligar os campos, conceptual e processual (por parte da Inês), sugeriam, fundamentalmente, alguma relutância em inovarem práticas lectivas (Anderson, 2007). Estas dificuldades foram encaradas de formas diferentes: para o João constituíram um desafio, para a Inês geraram momentos de inquietação, desconforto e receio de falhar e para a Olga eram algo que achava desnecessário no seu percurso de formação.

O João apontou alguns aspectos menos positivos evidenciados nas aulas decorridas (opinião expressa oralmente na aula 13): “Os conteúdos foram exigentes e o trabalho investigativo poderia ter sido desenvolvido ao longo de todo o ano, pois foi necessário pesquisar e

consultar muita bibliografia sobre conceitos desconhecidos, facto que poderia ter sido desenvolvido com mais calma”.

Na aula 14, respondendo à Ficha 14 (Anexo IV, p. 277), o João reconheceu que o envolvimento nas actividades propostas também lhe permitiu reformular algumas das suas concepções sobre o ensino e aprendizagem das ciências, anteriores à intervenção (Tabela IV.9.).

Tabela IV.9.: Evolução das concepções do João sobre o seu PI, de meados do bloco lectivo 1 a meados do bloco lectivo 3. Os níveis de dificuldade são apresentados numa escala de 1 (mais baixo) a 5 (mais elevado).

Níveis de dificuldade	Meados do bloco lectivo 1					Meados do bloco lectivo 3				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Dificuldade da actividade investigativa a desenvolver				X					X	
Importância do tema seleccionado para si					X					X
Relevância do tema para os alunos do 2º ciclo				X					X	
Contributos para uma aprendizagem memorística	X					→	X			
Contributos para uma aprendizagem significativa					X				X	←
Grau de exigência da actividade experimental que vai desenvolver com os alunos			X						→	X
Grau de colaboração com os alunos			X					X		
Grau de investigação (é ou não é uma actividade investigativa para si?)					X				X	←

O João reconheceu que afinal o PI concebido por si não se apoiava só na perspectiva construtivista de construção de conhecimento científico mas “implicava [também] memorização e demonstração por parte do professor”. Por outro lado, o PI que tinha concebido iria contribuir, só em parte, para a promoção de aprendizagens significativas “sobre o tema, sobre as técnicas, vantagens e desvantagens e implicações na sustentabilidade e na sociedade” e iria implicar o desenvolvimento de TE com um elevado grau de exigência, mais do que ele previu inicialmente e não envolvia só TI (Tabela IV.9.). A Inês e a Olga não quiseram preencher a Ficha 14 (Anexo IV, p. 277), provavelmente por não quererem reflectir sobre “como planear” e “como melhorar o que já planearam”.

Em síntese, o João manifestou ter consciência do seu papel de co-construtor de conhecimento, identificando aspectos que pretendia reforçar e outros que já não iria evidenciar tanto, quer em relação a objectivos que tinha inicialmente delineado, quer em relação ao grau de exigência do TE que pretendia desenvolver (Tabela IV.9.). Demonstrou, assim, saber mobilizar competências investigativas, nomeadamente, as relacionadas com a reflexão, autonomia, responsabilização e co-construção de conhecimento. Este seu comportamento coaduna-se com as categorias que seleccionou para si, quando a investigadora-professora solicitou aos alunos-futuros professores que se avaliassem de acordo com as categorias definidas por Costa et al. (2002) (questão colocada oralmente na aula, pela investigadora-professora). O João assumiu-se como “envolvido” e “autodidacta”, a Inês descreveu-se como “envolvida” e a Olga não se quis incluir em nenhuma das categorias propostas por Costa et al. (2002), provavelmente, pela indisponibilidade para reflectir sobre a importância do seu envolvimento em PIs, construindo conhecimento: “A Olga não quis responder, manifestando-se surpreendida com o que lhe era solicitado”.

O João entregou depois, por escrito, um plano do PI que pretendia desenvolver, incluindo uma breve revisão da literatura sobre “o estado da ciência”, “ensino CTS”, “TE e perspectiva construtivista”, a descrição das etapas do PI e sugestões de actividades práticas envolvendo a produção de OGMs, que gostaria de desenvolver com alunos do 2º ciclo, Ensino Básico (Plano de investigação do João – Apêndice III).

Relativamente à elaboração de organizadores gráficos pelos alunos-futuros professores (Fichas 12 e 13 - Anexo IV, p. 274-276) para ajudar a desenvolver PIs, designadamente, mapas de conceitos e Vês de Gowin, os resultados não foram os esperados. Apenas o João conseguiu construir um Vê de Gowin (Vê de Gowin delineado pelo João - Anexo X, p. 299). A Inês e a Olga parece não terem compreendido o processo de construção dos organizadores gráficos, provavelmente por lhes ser difícil mobilizar conhecimento substantivo e processual requerido para a sua construção (comentários expressos na aula). Parece não terem entendido a utilidade da elaboração de organizadores gráficos para compreender e articular conceitos científicos envolvidos ou subjacentes aos PIs: *“knowledge structure is regarded as an important component of understanding in a subject domain, especially in science”* (Yin et al., 2005, p. 166). As dificuldades manifestadas pela Olga e pela Inês assemelham-se às manifestadas pelos alunos que se envolvem, pela primeira vez, na construção de recursos heurísticos onde o tempo disponibilizado é um factor determinante para se obter resultados positivos (Yin et al., 2005).

A investigadora-professora procurou solucionar estas dificuldades disponibilizando um mapa conceptual e um Vê de Gowin, construídos por si (Anexo XI, p. 301-302) e baseados nos objectivos gerais definidos para a intervenção. No entanto, o tempo disponibilizado foi, mesmo assim, reduzido “*para melhor se poder apreciar da sua pertinência e utilidade*” (Pedrosa, 2000c, p. 25) e orientar os alunos-futuros professores na mobilização de conhecimento substantivo e processual requerido na construção destes recursos (e.g. selecção das proposições chave e intermédias).

Em relação ao modo como conceptualmente articularam a visita de estudo efectuada aos viveiros de São Jorge com o desenvolvimento de PIs (Ficha 15 - Anexo IV, p. 278, aulas 17 e 18), a Inês salientou que a visita de estudo lhe permitiu ficar a entender melhor o que era a micropropagação, quer em termos de processos, quer em termos de materiais requeridos, e a conhecer “vários tipos de plantas que me vão ajudar na minha prática pedagógica quando der as folhas” (opiniões expressas pela Inês nas respostas às questões da Ficha 15, referindo-se provavelmente à unidade curricular, do 5º ano de escolaridade, “Constituintes das plantas”).

O João destacou alguns contributos da visita de estudo para a sua prática pedagógica: “além de um local de possível visita de alunos; de como se pode fazer esta actividade numa sala de aula; de como as experiências podem ser acessíveis numa sala de aula; e de como eu visualizei o trabalho lá desenvolvido, contribuiu de uma forma significativa para a minha aprendizagem (tal como poderá contribuir para a dos alunos)” (opiniões expressas pelo João nas respostas às questões da Ficha 15). A Olga não respondeu (não foi à visita de estudo). Em síntese, a investigadora-professora pretendia que a visita aos viveiros de São Jorge permitisse aos alunos-futuros professores confrontarem as suas concepções teóricas e processuais sobre a cultura *in vitro* de plantas com um contexto real. Pretendia também que auxiliasse os alunos-futuros professores a clarificarem e seleccionarem procedimentos adequados para resolverem problemas formulados, ou identificarem outros problemas considerados interessantes para desenvolver PIs.

O desenvolvimento de PIs articulados com a visita de estudo afigurou-se, assim, particularmente importante para os alunos-futuros professores aprofundarem os assuntos relacionados com o desenho dos planos experimentais, bem como, e num sentido mais amplo, para resolverem os problemas por si identificados e relacionados com assuntos exteriores aos espaços escolares, integrando inter-relações CTS e contribuindo para imagens mais autênticas das ciências (Pedrosa, 2000a).

iii) Execução prática do plano de investigação - realização de trabalho experimental e laboratorial

Inicialmente, os alunos-futuros professores evidenciaram alguma resistência ao planeamento e realização de TE/TL (de acordo com indicadores de atitudes manifestadas pelos alunos-futuros professores na aula 19 e registadas no diário da investigadora-professora). A Inês e o João, porém, acabaram por planear e implementar TE/TL em conformidade com os PIs concebido.

As Fichas 16 a 19 pretendiam auxiliar e orientar os alunos-futuros professores a conceberem, planearem e implementarem TE, nomeadamente, a distinguirem os diferentes tipos de trabalho prático (Ficha 16 - Anexo IV, p. 279), a analisarem as concepções que possuíam de “problema”, “hipótese”, “variáveis dependentes”, “independentes” e “controlo”, e a reflectirem sobre o modo como iriam recolher os dados, *e.g.* efectuar medições, e registar os dados, *e.g.* construção de tabelas e gráficos (Ficha 17 - Anexo IV, p. 280). Pretendiam, igualmente, estimular os alunos-futuros professores a reflectirem sobre o que entendiam sobre fiabilidade das actividades investigativas (Ficha 18 - Anexo IV, p. 281) e sobre os diferentes processos e formas de registar os resultados (Ficha 19 - Anexo IV, p. 282-283). Em particular, com a realização das actividades propostas nestas Fichas, pretendeu-se que os alunos-futuros professores aprendessem a distinguir variáveis independentes de dependentes: *“know what they are changing (independent variable) and what they are measuring (dependent variable) before they begin to use the planning board”* (Goldsworthy e Feasey, 1997, p. 59). Pretendia-se que formulassem adequadamente hipótese(s) e as confrontassem com as evidências recolhidas (Santos, 2002) e reflectissem sobre os procedimentos de recolha e registo de dados (Ficha 18 - Anexo IV, p. 281), promovendo confronto de ideias, argumentação e trabalho cooperativo.

A Inês expressou desde logo alguns receios na concepção, planeamento e implementação de TE: “Não fiz nada nas férias de natal, mas prometo fazer tudo depois. Para mim é difícil realizar TE e muitos professores não o fazem por falta de tempo. (...) Ainda nem preparei o enquadramento teórico ao PI”. Revelou também dificuldades em destringir os termos “trabalho experimental” e “trabalho laboratorial”: não consigo destringir os dois tipos de trabalhos” (opinião expressa pela Inês em resposta às questões da Ficha 16, aula 19). A Inês solicitou ainda o auxílio do João e da investigadora-professora na definição do problema, hipótese, variáveis dependentes, independentes e do controlo da sua

actividade experimental: “pretendo realizar um actividade sobre o efeito dos pesticidas na germinação de sementes” (comentário expresso oralmente pela Inês, aula 20).

A investigadora-professora alertou a Inês para a toxicidade dos pesticidas, pelo que manipulá-los requer cuidados particulares e, por isso, recomendou-lhe que repensasse o problema. Sugeriu uma análise mais ponderada do que pretendia problematizar, tendo em vista construir um PI válido e exequível e propôs que por exemplo, estudasse o efeito da utilização excessiva de fertilizantes no solo, em geral, ou o efeito de determinadas espécies químicas em plantas, em particular, de nitratos no crescimento e germinação de sementes. Informou da existência de *Kits* de análise e detecção de espécies químicas em águas (e.g. *Kit* de nitratos de La Motte), de utilização simples e adequados para alunos do 2º ciclo, Ensino Básico. Apresentou um trabalho desenvolvido com alunos do 5º ano de escolaridade, do Ensino Básico, onde se utilizaram materiais simples, como um *Kit* de nitratos e uma solução nutritiva (solução de Knop) para germinação de sementes em cultura hidropónica (recursos preparados para desenvolvimento das aulas - Apêndice II). Apresentou ainda uma comunicação em PowerPoint® sobre ambiente e formas de resolução de problemas.

A Inês referiu, então, que optaria por outro tema: “efeito dos fertilizantes na germinação de sementes”. A investigadora-professora sugeriu que a Inês seleccionasse sementes de hortícolas que germinassem rapidamente. A Inês referiu que talvez comparasse a solução de Knop com outras soluções, por exemplo água da torneira, face a efeitos na germinação de sementes de agrião.

A Olga ouviu com atenção a investigadora-professora, referindo que não tinha pensado sequer em qualquer tipo de TE ou TI, apontando algumas limitações à sua realização: “Os professores não desenvolvem mais actividades práticas de laboratório, porque estas são morosas e depois não há tempo para dar o programa. Também receiam que corram mal. No entanto, acredito que os conhecimentos fiquem mais consolidados”. Referiu ainda que não tinha reflectido sobre os termos “problema”, “hipótese”, “variáveis dependentes” “independentes”, e “controlo” mas que tentaria propor uma actividade experimental. “Já não estou preocupada com a aula de estágio que tenho de dar. Tenho ideias novas para o meu PI”. A investigadora-professora deu exemplos de actividades práticas experimentais que a Olga poderia realizar no âmbito de contaminação com detergentes. A Olga referiu que iria desenvolver uma actividade experimental (ver plano de investigação da Olga - Anexo IX, p. 297), o que acabou por não acontecer: “Na aula seguinte a Olga vinha aborrecida com alguma coisa. Nada fez e apenas procurou interligar o seu tema com a unidade curricular “água” do 5º ano de escolaridade”.

O João, nas respostas às questões da Ficha 16 (Anexo IV, p. 279, aula 19), expôs concepções adequadas sobre “problema”, “hipótese”, “variáveis dependentes” “independentes” e “controlo”. Após ouvir com atenção a exposição da investigadora-professora sobre os aspectos gerais envolvidos em TE e exemplificar actividades que se podem realizar com materiais simples, referiu que talvez, optasse por mudar de tema: “estava a pensar projectar um debate com os alunos sobre OGMs pois vejo-me com dificuldades em arranjar o material para desenvolver uma actividade experimental. (...) O facto de não se fazerem experiências na licenciatura, leva a que os professores as não façam com os alunos”.

A investigadora-professora reforçou que TE, orientado numa perspectiva construtivista, pode promover o desenvolvimento de raciocínio, espírito crítico, criativo e a construção de conhecimento científico, de um modo mais efectivo e significativo. Esclareceu alguns aspectos relacionados com a produção de OGMs, nomeadamente a dificuldade em obter materiais e equipamentos específicos e adequados à sua produção. Sugeriu uma análise mais ponderada do que o João pretendia problematizar e propôs que, por exemplo, desenvolvesse uma actividade no âmbito da cultura *in vitro* de plantas. Acrescentou que este é um dos procedimentos utilizados na produção de OGMs e que os materiais e equipamentos não são de difícil acesso. Para exemplificar uma actividade sobre clonagem *in vitro* de plantas, a investigadora-professora apresentou uma comunicação em PowerPoint® referente a clonagem *in vitro*, que envolveu alunos do 2º ciclo, Ensino Básico (Apêndice II).

Na aula 21, respondendo às questões da Ficha 17 (Anexo IV, p. 280), o João referiu que tinha optado pelo tema cultura *in vitro* de plantas: “estive a reflectir melhor e vou optar por “cultura *in vitro* de plantas”. De seguida, delineou parte do seu plano experimental, identificando sem dificuldades, o problema, hipótese, variáveis dependentes, independentes e o controlo. Revelou contudo, uma perspectiva inadequada sobre fiabilidade do TE de cariz investigativo: “uma actividade experimental é fiável quando, ao ser repetida várias vezes, permite obter os mesmos resultados” (ponto de vista do João na resposta às questões da Ficha 18, aula 21). Já a Inês, em comentário expresso oralmente, revelou que não entendia a expressão “fiabilidade das actividades investigativas” (actividade proposta na Ficha 18).

Perante este tipo de respostas, tudo levava a crer que estes dois alunos-futuros professores não reconheciam a necessidade de seleccionarem e caracterizarem cuidadosamente as variáveis, definirem as amostras e a serem rigorosos a nível de

medidas de diversos parâmetros, de forma a certificarem-se da “fiabilidade das actividades investigativas”:

“- it is only by carrying out a fair test that you can be sure that it is what you changed (independent variable) that is affecting what you measured/observed (dependent variable);

- taking care to ensure as fair a test as possible, will give you more confidence in yours results” (Goldsworthy and Feasey 1997, p. 24).

Por outro lado, os alunos-futuros professores não apresentaram qualquer dificuldade em avaliar se o TE planeado se encontrava em conformidade com as linhas orientadoras expressas pelo CNEB (DEB, 2001) (aula 26, Ficha 20 - Anexo IV, p. 284): “este TE procura ir de encontro ao que o documento (CNEB) afirma onde os jovens têm de aprender a relacionar-se com a natureza das diferentes áreas do conhecimento, tanto com diversas descobertas científica e processos tecnológicos como as suas implicações sociais” (resposta do João com a concordância da Inês).

No diagnóstico das concepções dos alunos-futuros professores sobre aspectos envolvidos na realização de TE (aula 27, Ficha 21 - Anexo IV, p. 285-287), os alunos revelaram concepções pouco adequadas, em particular sobre i) o facto de um TE depender, ou não, das perspectivas teóricas de cada “cientista”; ii) dos “cientistas” analisarem os seus dados sem serem influenciados pelos seus pressupostos teóricos prévios; iii) da possibilidade, ou não, de se demonstrar que uma teoria é mais plausível do que outras, quando se tem dados suficientes; iv) da possibilidade de colocar as afirmações em evidência como resultado de dados colhidos em experiências repetidas e precisas v) da possibilidade de se demonstrar que uma afirmação é correcta quando se baseia também em dados colhidos em experiências repetidas e precisas; vi) do reconhecimento de que as actividades experimentais são actividades demonstrativas, de verificação, mas também de encorajamento dos alunos a colocar questões, a sugerir hipóteses, a conceber abordagens investigativas (“minds-on as well hands-on”) para construir conhecimento significativo, e vii) se era necessário repetir uma “experiência”, caso os resultados de um dos grupos de alunos não fossem os esperados (Ficha 21 - Anexo IV, p. 285-287). Destacando alguns aspectos, a Inês defendeu que a ciência é objectiva, isenta de qualquer influência pessoal e, por isso, os cientistas não analisavam os dados de uma actividade experimental com base nas ideias e teorias que possuíam. Continuou a perpetuar o mito de que a ciência é objectiva e neutra. Defendeu igualmente que a ciência é em parte resultado de “uma imaginação brilhante de um cientista”, ou “puramente o resultado de um pensamento teórico e matemático”. E defendeu ainda que

as actividades experimentais têm um cariz demonstrativo apesar de permitirem a (re)construção de conhecimento científico: “as actividades experimentais são actividades demonstrativas, onde se manipulam materiais e equipamentos mas também, ideias, reflexo da construção do conhecimento científico, e por isso, da natureza das ciências” (opiniões expressas pela Inês nas respostas às questões da Ficha 21).

Estas concepções são, em parte, divergentes das de estudantes europeus identificadas no projecto “Labwork in science education”, proposto pela EU (Leach et al., 1998). Este projecto foi concebido com o intuito de investigar as imagens que estudantes de escolas secundárias e universidades têm sobre TE/TL e o impacto destas imagens na sua aprendizagem (*ibid.*). Os resultados sugeriram que os estudantes não possuíam concepções tão inadequadas sobre construção de conhecimento científico como inicialmente se pensava:

- “*most upper secondary students think of data and theory as being related in designing experiments, analysing data and drawing conclusions, and that even more university students think in these terms*” (Leach et al., 1998, p. 43);
- “*many students stated that the Scientific Statements were not put forward ‘as a result of logical arguments and deductions’*”. (Leach et al., 1998, p. 46);
- “*many students stated that they did not think that their scientific statement was put forward as a result of an imaginative proposal by a brilliant researcher*” (*ibid.*)
- “*students think that the Scientific Statement was put forward as a result of careful analysis of data*” (*ibid.*)
- “*the Scientific Statements arose through work by many researchers over a sustained period*”. (*ibid.*).

Relacionado ainda com as questões da Ficha 21 (aula 27, Anexo IV, p. 285-287), o João e a Inês consideravam que se deveria repetir com mais cuidado uma actividade experimental, caso um dos grupos participantes da actividade obtivesse resultados muito distintos dos outros grupos. Também referiram que se deveria discutir a teoria subjacente aos resultados obtidos, pois esta poderia não estar correcta e, além disso, não se deveriam utilizar os resultados desse grupo para justificar os resultados dos outros grupos.

Estando estes alunos-futuros professores habituados a um tipo de TE monótono, do tipo receita, desenvolvendo apenas actividades manipulativas, podem entender-se as suas concepções pouco adequadas sobre TE. Estas, parece reflectirem as suas concepções epistemológicas. Houve necessidade, por isso, de a investigadora-professora intervir para auxiliar os alunos-futuros professores a reformularem concepções e crenças sobre alguns

aspectos de TE, nomeadamente, i) relevância de TE de cariz investigativo, ii) papel das ideias prévias na construção de conhecimento científico, iii) finalidades de TE, além das de mera comparação e/ou validação de ideias; iv) reconhecimento de evidências, e v) consciencialização da subjectividade que permeia qualquer TE, quer na concepção, execução, análise de dados, quer na justificação dos resultados.

A investigadora-professora realçou ideias expressas no CNEB, em particular, as relativas à utilização de “materiais e recursos diversificados”, a “experimentação de técnicas”, a “observação e questionamento da realidade”, e a promoção de “actividades cooperativas” (DEB, 2001).

Em relação ao diagnóstico de concepções dos alunos-futuros professores sobre as modalidades de TP que mais podem contribuir para o desenvolvimento de competências substantivas, processuais e atitudinais, a Inês valorizou o TP realizado em grupo, a cooperação com os colegas e a promoção de algum grau de autonomia dos alunos. Ou seja, optou pela afirmação 4 utilizada na Ficha 22.1 “os estudantes planeiam em conjunto o te e auxiliam no registo e interpretação dos dados” (aula 27, Anexo IV, p. 288), justificando-se: “foi desta forma que aprendi a desenvolver o TE, aqui na sala de aula”. Isto é, a Inês parece ter compreendido bem a mais valia em realizar TE cooperativa e autonomamente pelos alunos. Por outro lado, contradiz o seu próprio comportamento no decorrer das aulas ao ter constantemente solicitado o apoio dos colegas e/ou da investigadora-professora, provavelmente, por ter tido uma formação anterior onde o TP em grupo, cooperativo e com algum grau de autonomia não foi promovido.

Em relação às modalidades de TP que mais contribuíam para o desenvolvimento de competências substantivas, processuais e atitudinais, o João optou pela afirmação 3 “os alunos tomam previamente decisões sobre o que fazer e depois o professor realiza o te seleccionado” (Ficha 22.1., Anexo IV, p. 288, aula 27) pois confessou, que quando desenvolveu TE com os seus alunos do 5º ano de escolaridade, nos moldes descritos na afirmação 4, isso gerou imensa confusão pois os alunos não compreenderam o que lhes era pedido.

Aparentemente, a opinião do João demonstra pouca coerência entre as crenças teóricas que defende e as práticas que advoga. Isto é, o João por um lado, apoia-se em aprendizagens assentes no construtivismo social, por outro, propõe “guided discovery activities” (Bencze et al., 2006), assumindo-se como um apoiante moderado de construtivismo social – “moderate supporter of social constructivism” (Bencze et al., 2006, p. 416). Este padrão de comportamento do João foi identificado por Bencze et al. (2006): *“teacher who adhere to social constructivist perspectives about professional science are*

likely to include in their pedagogical repertoires opportunities for students to carry out student-directed, open-ended scientific inquiry projects – while those who do not adhere to social constructivist perspectives of Professional science may tend to use more didactic classroom approaches” (p. 416).

Em relação às competências que se desenvolvem com a realização de TE (Ficha 22.2., Anexo IV, p. 288), o João e a Inês concordaram com as competências utilizadas na Questão 22.2.1. da Ficha 22.2.: “i - *Apreender novos conhecimentos de domínio científico e/ou reformular os antigos*, ii - *Um maior desenvolvimento de capacidades de raciocínio* e iii - *maior destreza na manipulação do material e equipamento específico*” (aula 27).

A questão 22.2.1. serviu de ponto de partida para a investigadora-professora abordar as competências a desenvolver com a realização de TE/TL, atendendo às recomendações vigentes para o ensino e aprendizagem das ciências (e.g. DEB, 2001), e que incorporam as competências utilizadas na Ficha 22.2.. Identificou nomeadamente, i) aprendizagens sociais (e.g. movimentar-se no laboratório e/ou interagir no grupo) e atitudes (e.g. responsabilizar-se perante o grupo e respeitar as normas de conduta estabelecidas pelo professor); ii) procedimentos intelectuais básicos (e.g. observar, descrever, comparar, reconhecer, anotar resultados); iii) procedimentos intelectuais complexos (e.g. raciocinar, investigar, formular hipóteses, analisar resultados, extrair conclusões, seleccionar bibliografia, reflectir, avaliar o trabalho), e iv) procedimentos de manipulação e a aprendizagem verbal (Álvarez e Carlino, 2004).

A investigadora-professora acrescentou que o desenvolvimento deste conjunto de competências se fundamenta numa concepção construtivista de aprendizagem das ciências, na medida em que os alunos vão (re)construindo os seus conhecimentos a partir das suas ideias prévias e vão desenvolvendo, gradualmente, a sua autonomia através de actividades práticas que auxiliam no planeamento dos seus próprios TE (*ibid.*).

Em relação a uma das questões da Ficha 22.2. relacionada com TE: “*Suponha que está a executar um TE com os seus alunos, e após o início da actividade, os alunos apercebem-se logo da influência da variável independente sobre as variáveis dependentes. Conforme tinha previsto, continua a actividade até obter e registar todos os resultados ou interrompe e pára a actividade?*” (Questão 22.2.2., Ficha 22.2. - Anexo IV, p. 288, aula 27), os alunos-futuros reconheceram algumas vantagens em não interromper o TE. Em particular, a Inês salientou que não se devia interromper a actividade, mesmo que os alunos já tivessem deduzido os resultados, pois “os alunos mais novos precisam de treinar muito as capacidades de manuseamento e manipulação do material e o TE deve ser sempre acompanhado de pesquisa

bibliográfica sobre o tema. Um professor deve ainda, logo no início ter estudado e aprofundado os conteúdos envolvidos no TE”. O João frisou que também não interromperia actividade, pois “é nos mais jovens que se devem treinar mais as capacidades de manuseamento e manipulação de materiais no TE, pois é da forma que eles perdem a insegurança que têm, e ganham mais confiança neles próprios”.

Quando questionados como avaliariam um TE (Questão 22.3., Ficha 22.3. - Anexo IV, p. 288): “*Dos ítems seguintes escolha aqueles que melhor avaliam um trabalho experimental: desenvolvimento de: capacidades de manuseamento do material desde a concepção, montagem e desenvolvimento do trabalho experimental, capacidades a nível procedimental e técnico, capacidades de raciocínio, capacidades na aprendizagem de conceitos científicos em si, capacidade de partilha, de respeito e cooperação com os colegas*”, aspecto aliás já desenvolvido na questão anterior (para evitar repetir-se a investigadora-professora apercebeu-se mais tarde que poderia ter agregado numa só as questões 22.2 e 23.3), o João frisou que todos os itens são importantes, contudo, “o TE só tem resultados benéficos para a aprendizagem dos alunos, caso o professor da própria turma o planeie desde logo do início do ano lectivo. Pois caso sejam desenvolvidas esporadicamente no meio do ano, apenas têm um efeito de diversão, de quebra da rotina, pois muitas vezes os alunos são imaturos e por vezes não percebem o porquê de se estar a realizar o TE”.

A Inês não quis intervir, afirmando, após insistência da investigadora-professora, que tinha receio de exprimir a sua opinião. Mais uma vez, este seu comportamento parece reflectir a sua formação anterior, onde não se terá desenvolvido, suficientemente, aspectos de comunicação, como relativos a interacção verbal (Sanches e Silva, 1998) e a redacção de textos escritos (Goldsworthy e Feasey, 1997).

Mediante este tipo de respostas, a investigadora-professora lembrou benefícios do TE como “*fuelle de aprendizajes sustantivos*”, como meio de promover “*la participación de los jovenes*”, de “*acoger sus ideas*”, de responsabilizá-los pela tomada de decisões, sem descurar, contudo, o valor educativo das actividades de verificação e demonstração “*que escasamente promueven la reflexión*” (Álvarez e Carlino, 2004, p. 257). A investigadora-professora salientou igualmente a necessidade de planear, com antecipação, os recursos a utilizar e os procedimentos a executar em TP.

Em síntese, os alunos-futuros professores trouxeram ideias e expectativas para o TE, “*influenciados pela sua compreensão conceptual, pela sua visão sobre a natureza da actividade no qual estão envolvidos e pelo contexto em que se enquadra o exercício*”

(Santos, 2002, p. 33). A sua compreensão conceptual parecia assentar, em grande parte, na memorização de ideias que embora fossem reproduzidas algumas vezes “*na altura certa*” (Santos, 2002, p. 34), noutras fizeram-nos sentir inseguros sobre os seus conhecimentos, pois sabiam que não os compreendiam (Santos, 2002). Há, assim, quem justifique o maior ou menor envolvimento em PIs, pela maior ou menor compreensão dos conteúdos científicos relacionados: “*One alternative explanation for why some prospective teachers attempted to teach science as inquiry, and others did not, is the level of subject matter expertise*”, ou pela influência das perspectivas epistemológicas pessoais: “*different epistemological views (knowledge about their discipline), rather than simply their views of learning or their views of subject matter*” (Crawford, 2007, p. 636).

No seu conjunto, estes resultados convergem para os obtidos em estudos desenvolvidos com alunos do 3º ciclo do ensino básico (Canavarro, 2000). Estes, “*ao contrário daquilo que usualmente sucede (...) no 1º ciclo do ensino básico em que nas aulas de ciência os alunos desenvolvem actividades que interpretam como livres, de descoberta, em que errar é divertido, (...) começam a perceber situações desconfortáveis decorrentes do medo de errar, de não saber dar a resposta certa, a sentir que a qualidade do seu trabalho não está conforme o especificado pelo professor*” (Canavarro, 2000, p. 79).

As atitudes de desconforto e de receio manifestadas pela Inês e pelo João sugerem carência de oportunidades para desenvolver TE com algum grau de abertura (Watson, 1994), e para apreciarem vantagens deste tipo de actividade: “*despite their many benefits and a mandate to promote them, (...), many teachers limit student's opportunities to conduct student-directed, open-ended scientific inquiries*” (Bencze et al., 2006, p. 401).

A investigadora-professora realçou algumas características de TE “more open-ended” (Millar et al., 1998), mormente, os de cariz investigativo, por promoverem a mobilização de competências investigativas e permitirem responsabilizar os alunos pelo seu progresso e resultados. Igualmente, referiu que, no exercício da profissão docente, os alunos-futuros professores deveriam ter em conta alguns aspectos inerentes à concepção e desenvolvimento de TE, tais como:

- i) TE deve partir de um problema, ou mais, que se apresente(m) “*de genuíno interesse dos alunos*” (Santos, 2002, p. 47), implicados na vida deles, directa ou indirectamente, ou das pessoas em geral;
- ii) TE envolve o desenvolvimento gradual da autonomia dos alunos;
- iii) TE requer disponibilidade de tempo;
- iv) TE exige trabalho cooperativo;

- v) TE pode “*utilizar recursos exteriores à escola*” (Santos, 2002, p. 48);
- v) TE não descarta o conhecimento dos alunos nem “*a informação recolhida por pesquisa pessoal*” (Santos, 2002, p. 48);
- vi) TE não exige resposta certa para o(s) problema(s), pois o propósito da investigação em que se integra é prever e explicar, mais do que “*encontrar a resposta certa*” (Santos, 2002, p. 74);
- vii) TE permite, normalmente, obter resultados satisfatórios;
- viii) TE implica, normalmente, um relatório final que será avaliado (Santos, 2002).

Na aula 28, o João apresentou o seu plano experimental (1º plano experimental do João - Anexo XII, p. 303-306). Foi claro na sua exposição, apresentando um enquadramento teórico bem organizado sobre o tema seleccionado: “cultura *in vitro* de violeta”. Aparentou dominar, de um modo geral, os conceitos envolvidos na clonagem *in vitro* de plantas e identificou, com clareza, o problema, os materiais e procedimentos que pretendia utilizar na actividade experimental. Descreveu o modo como iria registar, semanalmente, os dados relativos à taxa de sobrevivência e de crescimento das plantas, bem como ao número de folhas novas. Não identificou, contudo, a(s) hipótese(s), o que, tendo antes (na aula 19) manifestado entender o seu significado, não se esperaria. O João, na sua exposição, revelou, ainda, algumas incorrecções, designadamente as relacionadas com os procedimentos: “colocar as pinças, as caixas de petri com água na panela de pressão durante 60 minutos” (1º plano experimental do João, aula 28, Anexo XII, p. 303-306). Na aula 31, o João entregou um novo plano experimental, inserido no relatório final, mais elaborado e corrigido, isto é, sem as referidas incorrecções (Relatório final do João incluindo plano experimental delineado e corrigido - Anexo XIII, p. 307-320).

A Inês, três aulas após a data limite (aula 28), apresentou, apenas por escrito, o plano experimental sobre o tema: “Efeito dos nutrientes no agrião” (1º plano experimental delineado pela Inês - Anexo XIV, p. 321-323). Este apresentava um pequeno texto introdutório sobre a fertilidade dos solos, identificava, de um modo sintético, o problema, a hipótese, as variáveis independentes, dependentes e controladas, os materiais e os procedimentos que pretendia utilizar na actividade experimental. Descrevia ainda o modo como iria registar, semanalmente, os dados relativos à taxa de sobrevivência e de comprimento das plantas. Revelou, contudo, algumas incorrecções, nomeadamente na parte dos procedimentos, *e.g.* “nitrato de knop em vez de solução nutritiva de knop” (1º plano experimental da Inês - Anexo XIV, p. 321-323). Na última aula, a Inês entregou um novo plano experimental correspondente a uma versão corrigida do anterior (plano experimental delineado e corrigido pela Inês - Anexo XV, p. 325-335). Este apresentava

uma escrita mais elaborada, indiciando, por um lado, selecção e pesquisa, que se traduziu em aprofundamento conceptual e em preocupações relativamente a registos e análise de dados. Por outro, manifestava insuficiente articulação entre os conceitos abordados, que se apresentavam como um somatório de itens colados mas desarticulados.

A investigadora-professora, estranhando a evolução demasiado rápida e a diferença substancial entre a redacção do segundo plano relativamente ao primeiro, questionou a Inês sobre os meios a que recorreu para o elaborar. A Inês referiu o apoio da irmã: “Como não tenho muita experiência tive de pedir auxílio da minha irmã para construir o protocolo”.

Em síntese, o segundo plano apresentava um enquadramento teórico sobre o ensino das ciências na actualidade, uma referência vaga e pouco adequada a modelos CTS, uma abordagem superficial ao papel de alguns nutrientes minerais na germinação e crescimento de plantas, em particular do azoto, e à fertilidade dos solos. Identificava o problema, os materiais que pretendia utilizar e procedimentos que adoptaria e o modo como, semanalmente, registaria os dados, nomeadamente, os relativos às taxas de germinação e crescimento, bem como ao número e coloração das folhas (Anexo XV, p. 325-335).

Na aula 28 houve ainda tempo para os alunos-futuros professores reflectirem e expressarem os seus pontos de vista sobre aspectos desenvolvidos nas aulas anteriores (e.g. metodologias e temas abordados). Relativamente a metodologias utilizadas, o João referiu alguns aspectos positivos “gostei muito da forma construtiva como decorreram as aulas. No início não estava a compreender muito bem a sequência das aulas, mas depois entendi essa mesma sequência. (...) Considero que colocar os alunos a partilhar a construção do conhecimento é muito importante. E por isso, as abordagens investigativas são as que mais permitem ou possibilitam aos alunos construir esse conhecimento. São essas que permitem apreender melhor os conhecimentos que lhes transmitem, porque os obriga a investigar, a reflectir, a seleccionar a bibliografia, a problematizar a construir o conhecimento e a cimentá-lo. Se não fosse dado desta forma não teria interesse, assim é que gostei”.

Relativamente às metodologias utilizadas, a Inês salientou alguns aspectos que para ela deveriam ser repensados: “Aprendi muito, mas esta metodologia deveria ter sido implementada logo no ano lectivo anterior, e se calhar deveria ter-se desenvolvido um pequeno percurso investigativo todos os dias. (...) Reconheço que trabalhei pouco e noto que eu própria tenho falhas, talvez, por os professores não me terem treinado na escrita. (...) Acho que deveria haver reciclagem na formação de professores”.

Quanto à pertinência dos temas abordados, e enfatizando a relevância destes na sua vida profissional, o João considerou que estes deveriam ser abordados apenas com alunos de níveis de escolaridade superior: “dada a sua complexidade, estes deveriam ser abordados apenas com alunos de níveis de escolaridade superior ao 2º ciclo”. A Inês referiu que o tema por ela abordado (“O efeito dos nutrientes no agrião”) poderia ser desenvolvido com alunos do 2º ciclo do ensino básico.

Em suma, os alunos-futuros professores resolveram problemas por eles propostos, reflectindo, dando resposta às suas dúvidas e, apesar de terem reconhecido dificuldades no decurso do trabalho desenvolvido, reconheceram maior esforço e envolvimento do que tinham previsto. A presença e orientação constantes da investigadora-professora foi benéfica, quer na investigação documental e empírica sobre os conteúdos envolvidos, quer no desenvolvimento das actividades propostas.

O relatório final elaborado pela Inês (relatório final da Inês - Apêndice IV) apresentava uma escrita elaborada, tal como a utilizada na redacção do plano experimental, com uma introdução relativa a, i) orientações propostas no CNEB, ii) preocupações ambientais mundiais, iii) ensino actual de ciências e iv) “modelo CTS”. Listava sumariamente o conjunto de etapas que seguiu no desenvolvimento do PI sem, contudo, as especificar. Contudo, globalmente denotava carência de reflexão e evidenciava insuficiências ao nível de articulação. Evidenciava, ainda, confusão de ideias - apresentava um enquadramento teórico, não sobre o tema que efectivamente seleccionou, “O efeito dos nutrientes no agrião”, mas sobre “O uso de pesticidas e suas implicações”.

O João, por seu lado, apresentou um relatório claro e bem organizado, embora bastante sucinto (Relatório final do João incluindo plano experimental delineado e corrigido – Anexo XIII, p. 307-320). Em termos gerais, o relatório do João consistia de uma breve revisão da literatura sobre o tema seleccionado – cultura *in vitro* de plantas - e sobre o seu enquadramento, de acordo com perspectivas de inter-relações CTS. Descrevia a actividade prática referindo os materiais, equipamentos e procedimentos utilizados, apresentava um mapa de conceitos e um Vê de Gowin do seu PI e análise dos resultados obtidos. Contudo, evidenciava ainda alguma confusão relativamente a fiabilidade do TE de cariz investigativo: “Pode provar-se a fiabilidade da actividade investigativa utilizando o protocolo com um número elevado de plântulas em meios de cultura separados. Este número elevado e seguindo os passos do protocolo, permite dar um grau elevado de fiabilidade da actividade” (Anexo ao relatório final do João - Apêndice V).

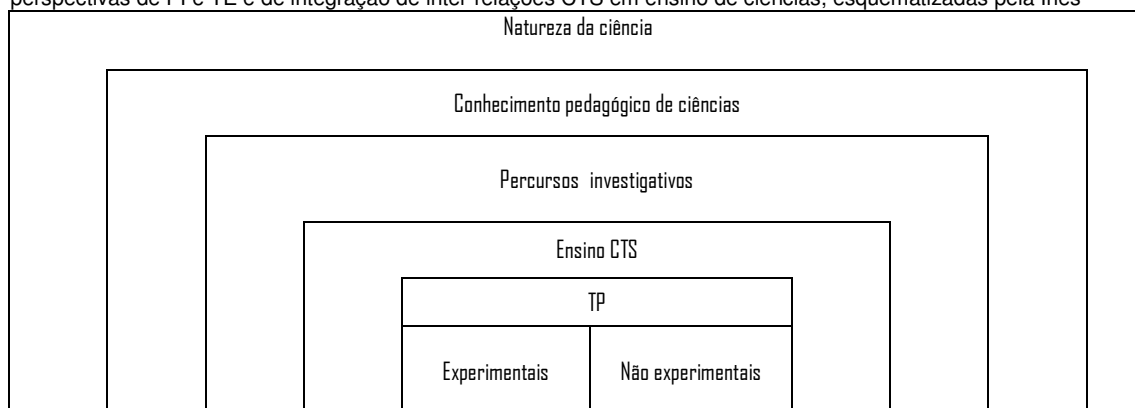
IV.2.2.2.4.2. Reflexão sobre a acção

No diagnóstico das concepções dos alunos sobre conhecimento científico (aula 29), os alunos concordaram com a afirmação de que o conhecimento científico é sujeito a mudanças, é de base empírica, subjectivo (apenas para o João), em parte produto da inferência humana, é produto da imaginação humana (apenas para a Inês), resulta da criatividade humana e de influências sociais e culturais (Ficha 23 - Anexo IV, p. 289).

Para o João, dimensões de conhecimento, como conhecimento disciplinar, pedagógico-didático e o relativo ao movimento de concepções alternativas, reflectem-se na prática pedagógica, justificando-se: “o conhecimento científico, quer nas suas bases teóricas, quer no das didáticas e das concepções alternativas das ciências, é importante ao contribuir para um professor mais crítico, que desenvolve a sua actividade de modo a promover as competências dos alunos”.

Na análise de concepções sobre inter-relações entre conhecimento científico disciplinar, pedagógico-didático, aspectos de NCs, perspectivas de PI, de TE e de integração de inter-relações CTS em ensino de ciências (actividade proposta na Ficha 24 - Anexo IV, p. 290), a Inês esquematizou-as da seguinte forma (Figura IV.14.).

Figura IV.14.: Inter-relações entre conhecimento científico disciplinar, pedagógico-didático, aspectos de NCs, perspectivas de PI e TE e de integração de inter-relações CTS em ensino de ciências, esquematizadas pela Inês

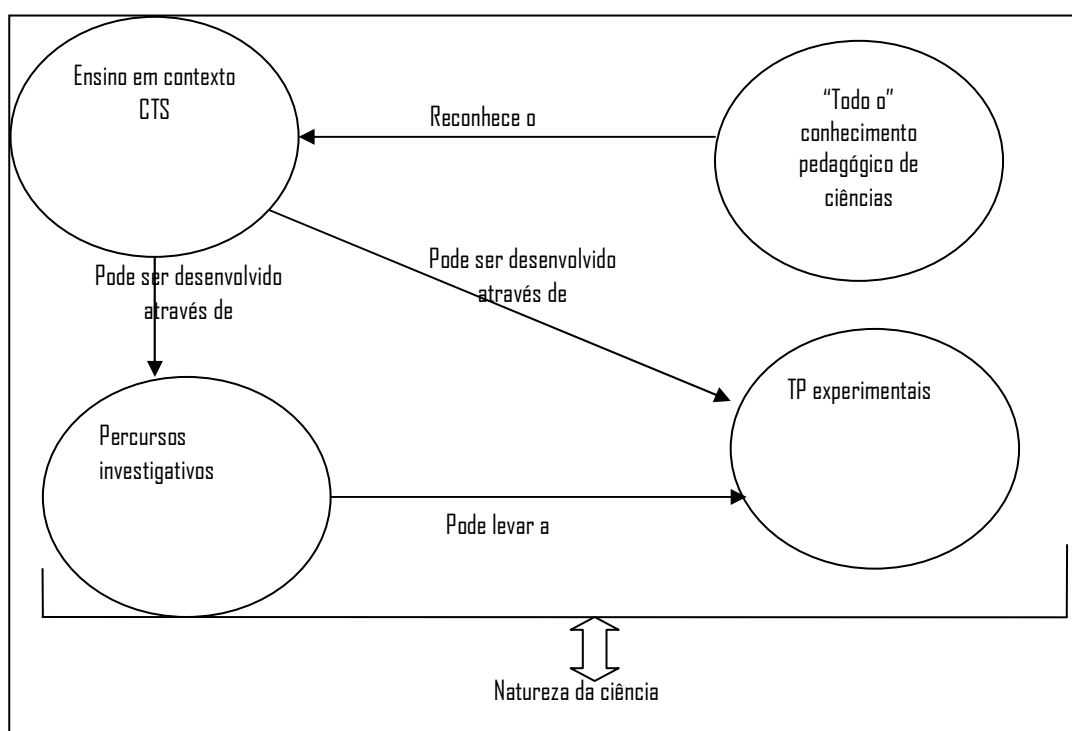


As inter-relações esquematizadas pela Inês pressupõem que todos os aspectos referidos se englobam em NCs, ou seja, para a Inês, compreender a NCs significa mobilizar conhecimentos pedagógicos da área de ciências, envolver-se em PIs, promover inter-relações CTS no ensino e aprendizagem de ciências, e desenvolver TP, que poderá ser, ou não, experimental.

A resposta dada pela Inês sugere que o contexto de trabalho gerado foi apropriado para desenvolver este tipo de reflexão: *NOS is best taught within a context of scientific inquiry or activities that are reasonable facsimiles of inquiry*” (Lederman, 2007, p. 835).

Na realização da actividade proposta na Ficha 24 (Anexo IV, p. 290), o João destaca que conhecimento pedagógico pressupõe a integração de inter-relações CTS no ensino e aprendizagem de ciências (Figura IV.15.), que esta integração, por sua vez, implica o desenvolvimento de PI e/ou de TE, e que o desenvolvimento de PI pode conduzir à realização de TE. Evidenciou, ainda, que todos estes aspectos se englobam na NCs.

Figura IV.15.: Inter-relações entre conhecimento científico disciplinar, pedagógico-didáctico, aspectos de NCs, perspectivas de PI e TE e de integração de inter-relações CTS em ensino de ciências, esquematizadas pelo João



Curiosamente, o João reconhece que podem incluir-se inter-relações CTS no ensino e aprendizagem de ciências através de PIs, mas não o inverso. Isto é, o João considera que importa reflectir primeiro sobre a inclusão de inter-relações CTS no ensino de ciências e só depois na metodologia a aplicar. Se, aquando do desenvolvimento do seu PI, das nove expectativas referidas por Santos (1999), tivesse procurado identificar a que se ajustaria aos problemas por si identificados, provavelmente não teria estabelecido esta sequência (de ensino CTS para PI), representada na Figura IV.15.

Reflectir sobre a inclusão de inter-relações CTS no ensino de ciências, seguida da selecção de metodologias a utilizar, correspondeu, genericamente, a estratégias desenvolvidas nas aulas, especificamente da 8 à 13. Assim, os alunos-futuros

professores foram estimulados a reflectir sobre as perspectivas de ensino em contextos CTS que poderiam adoptar (pela realização das actividades propostas nas Fichas 8 e 9) antes de iniciarem a concepção dos próprios PIs, seguindo-se-lhe o desenvolvimento dos PIs, onde foram solicitados a identificar problemas que integrassem inter-relações CTS.

Em síntese, a análise dos dados recolhidos relativos à actividade proposta na Ficha 24 (Anexo IV, p. 290) sugere uma evolução no pensamento reflexivo dos alunos-futuros professores, nomeadamente, evidenciando o estabelecimento, de forma autónoma, cuidada e criteriosa, de inter-relações entre aspectos de conhecimento científico disciplinar, pedagógico-didáctico, aspectos de NCs, perspectivas de PI e TE e de integração de inter-relações CTS em ensino de ciências.

É interessante também avaliar a evolução das concepções sobre o desenvolvimento de PIs expressos pela Inês e pelo João, comparando as respostas obtidas no pré e pós-teste.

A Inês manteve a sua opinião, assumindo que após o seu envolvimento em PIs, continuava a ter um conhecimento “*fraco*” (opinião expressa pela Inês na resposta à questão I.1. do pós-teste), expressando: “esta metodologia já deveria ter sido empregue no ano lectivo anterior” (opinião expressa pela Inês). Esta sua opinião associa-se à insegurança que a Inês sempre demonstrou ao longo de toda a intervenção. O João, por seu lado, assumiu inicialmente que tinha um “bom” conhecimento (opinião expressa pelo João na resposta à questão I.1. do pré-teste), reconhecendo no final que tinha um conhecimento razoável (opinião expressa pelo João na resposta à questão I.1. do pós-teste)

Para ambos, o desenvolvimento do PI permitiu ver a) “*O quanto o tema de CN que escolhi é interessante*” (para ambos), b) “*Adquirir novos conhecimentos sobre o tema e/ou reformular os antigos*” (para ambos), c) “*ver a importância do tema para o ensino das CN no 2º ciclo do ensino básico*” (apenas para a Inês) e d) “*Entender de uma forma clara o processo de concepção, planeamento e execução de PIs*” (apenas para o João) [expressões seleccionadas pela Inês e pelo João na resposta à Questão IV.2.1 do pós-teste, Anexo II, p. 253-255].

O João frisou ainda que a intervenção o auxiliou na concepção, planeamento e execução de um PI. Relativamente ao tema seleccionado, o João voltou a frisar (opinião expressa na aula 28) que não era adequado para se incluir no currículo de CN, 2º ciclo do Ensino Básico, mas sim, apenas em níveis de ensino superiores. Já a Inês sugeriu que incluiria o seu tema nas práticas lectivas de CN do 2º ciclo do Ensino básico, por este ser relevante em termos de exercícios de cidadania (opiniões expressas pelos alunos na aula 31).

Ainda em relação aos temas abordados e às metodologias utilizadas nos PI, o João, após diálogo com a investigadora-professora, voltou a realçar a relevância em se desenvolver TP com alunos de Ciências da Natureza do 2º ciclo, Ensino Básico:

“...Caso no futuro venha a dar aulas de Ciências da Natureza ao 2º ciclo, os temas estudados (de cultura *in vitro* e o de contaminação de plantas) e a forma como foram abordados vão influenciar as minhas opções pedagógicas na medida em que vou, sempre que possível, optar por aulas práticas (apesar de exigirem mais de mim e ainda ter muito que evoluir) e aulas que sejam os alunos a construir o seu próprio conhecimento.

...Os temas abordados permitiram-me também ter consciência que alguns temas são mais difíceis de transpor para o 2º ciclo, como foi o da clonagem *in vitro* que poderá ser muito elaborado para estes alunos, mas fiquei com a consciência de como agir e como tratar outros possíveis temas, principalmente, temas que não estejam incluídos no programa/currículo e tenham relevância social, como por exemplo, efeitos do álcool ou drogas no organismo, aumento da temperatura global do planeta, etc.” (opiniões expressas pelo João no relatório escrito solicitado na aula 31)

Acrescente-se ainda que o João ficou com curiosidade de transpor as metodologias utilizadas para a área disciplinar da Matemática, manifestando novamente que as desconhecia até à data da sua participação na intervenção: “... Em relação aos métodos utilizados, e sendo, desde sempre adepto de actividades de investigação e exploração em Matemática, fazem-me ficar curioso e querer realizar a transposição destes métodos mais investigativos de Ciências para a Matemática” (opinião expressa pelo João no relatório escrito apresentado na aula 31). Considerou também que este tipo de metodologias motiva e desenvolve competências nos alunos: “Também me fizeram aperceber que a utilização deste tipo de abordagens torna o ensino das Ciências da Natureza mais estimulante para os alunos e mais consistente em termos de desenvolvimento de competências e aquisição de conhecimentos” (opinião expressa pelo João no relatório escrito solicitado na aula 31).

Atente-se, contudo, que é difícil prever se o João irá desenvolver PIs nas suas práticas lectivas futuras, muito menos em conformidade com as orientações propostas pela investigadora-professora na presente intervenção. Seria necessário acompanhá-lo no desenvolvimento das suas práticas para recolher dados que permitissem analisar a evolução das suas concepções, valores, atitudes e comportamentos sobre o desenvolvimento de PIs.

A Inês salientou a relevância dos temas e dos métodos utilizados na promoção de uma educação para a cidadania: “... Caso tenha oportunidade na minha vida profissional futura tenciono desenvolver este tema (efeito do excesso de nutrientes na germinação e crescimento das plantas) pois ajudou-me bastante a desenvolver alguns conhecimentos que não tinha adquirido. É

um tema bastante interessante e ajuda a desenvolver e a entender alguns métodos e atitudes aos alunos. (...) O meu tema aborda questões do dia-a-dia deles, penso que é um tema fácil para eles. (...) Os métodos que utilizámos na disciplina de didáctica das CN II vão-me ajudar na minha vida futura. Aprendi muito, tenho muitos conhecimentos sobre o que é a ciência. (...) Posso utilizar com os meus alunos estes métodos mas de uma maneira mais simples, por ex.: a construir um mapa de conceitos e a fazer com eles trabalhos investigativos mas de uma forma muito fácil” (opiniões expressas no relatório escrito solicitado na aula 31).

Contudo, é difícil avaliar se a Inês terá conseguido desenvolver concepções adequadas sobre PIs e sobre conceitos e ideias neles desenvolvidos. Seria necessário acompanhá-la no desenvolvimento das suas práticas lectivas (tal como se referiu para o João) para recolher dados que permitissem analisar a evolução das suas concepções, crenças, valores, atitudes e comportamentos.

Por último, quando os alunos foram questionados sobre a influência da componente epistemológica no desenvolvimento da componente prática (aula 31), a Inês salientou: “É importante que os professores saibam a verdadeira natureza das ciências, pois assim, eles podem dar as aulas de ciências de uma maneira que põem os alunos a pensar”.

O João acrescentou que: “Os professores ao saberem qual é a verdadeira natureza da ciência vai influenciar as opções pedagógicas que irão tomar. Por exemplo, eu até noto diferença na Inês, [sorriu] (...) já consegue expressar maior segurança em opinar quando lhe é solicitado.

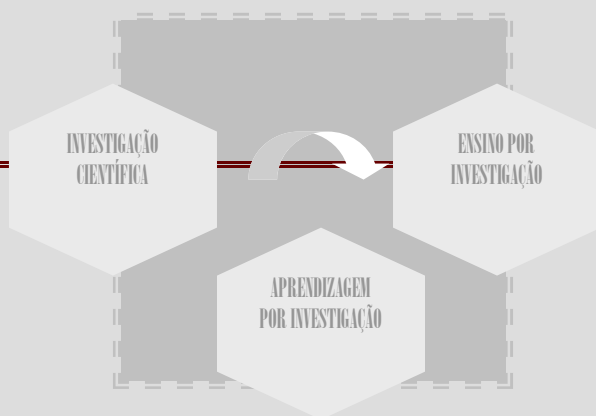
Em resumo, a intervenção permitiu aos alunos-futuros professores consciencializarem-se de que reflectir e mobilizar a componente epistemológica em educação em ciências é importante para empreenderem PIs consistentes e efectivos.

Por esta ordem de ideias, melhorar a formação de professores de ciências requer *“cuestionar y modificar las “teorias implícitas” del profesorado acerca de como aprenden los alumnos y de cuál es la naturaleza del conocimiento científico”* (Fernández et al., 2002, p. 478). Conceber e desenvolver PIs com as preocupações e orientações dos anteriormente descritos parece apropriado por poder contribuir para consubstanciar propostas de melhoria da formação docente (Fernández et al. 2002).

Em relação a este assunto, a investigadora-professora realçou que desenvolver PIs promove a literacia científica e tecnológica, quer pela abordagem de temas sócio-científicos actuais, quer pela implementação de estratégias facilitadoras da sua abordagem, como se destaca nos estudos PISA (Project for International Student Assessment) (Acevedo Díaz, 2007, OECD, 2009). Desenvolver PIs envolvendo a abordagem de temas novos é importante ainda para responsabilizar e motivar os alunos, para lhes estimular curiosidade e promover reflexão sobre papéis das ciências e

tecnologias na sociedade. A investigadora-professora acrescentou que promover literacia científica de todos *“deberia ser la principal finalidad educativa de la enseñanza de las ciencias”*. Basicamente, *“una persona alfabetizada debe ser capaz de alcanzar una comprensión de los principales conceptos teorías y procesos de la ciencia y una actitud positiva ante las complejas relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad”* (Manassero Mas et al., 2004, p. 310)

EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS PARA O MUNDO CONTEMPORÂNEO



CAPÍTULO V

CONCLUSÕES

V.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo apresentam-se as conclusões, limitações e implicações relativas ao percurso de autoformação em temáticas de biologia e biotecnologia numa perspectiva investigativa (1.2.). Apresentam-se igualmente as conclusões (1.3.1.), limitações (1.3.2.) e implicações/sugestões para futuras investigações (1.3.3) dos PIs desenvolvidos em formação inicial de professores de ciências (1.3.). E expõem-se algumas considerações finais (1.4.).

V.1.2. AUTOFORMAÇÃO EM TEMÁTICAS DE BIOLOGIA E BIOTECNOLOGIA NUMA PERSPECTIVA INVESTIGATIVA

Conclusões, limitações e implicações

O percurso de autoformação fez-se pelo trilhar de dois PIs. No projecto “*Toxicidade do chumbo em alface*” pretendeu desenvolver-se competências de investigação e construir conhecimento sobre a toxicidade do chumbo em alface, em particular, esclarecer os efeitos deste metal (um dos 32 poluentes reconhecidos como prioritários na União Europeia) a nível celular (*e.g.* desequilíbrios nutricionais e stress oxidativo).

Os dados recolhidos evidenciaram toxicidade do chumbo baseada em alterações significativas a nível metabólico e celular da alface, apesar de se estar na presença de uma planta que acumula 90% do total do chumbo nas raízes.

Numa perspectiva de ARE, os dados recolhidos mostram a potencialidade deste tipo de bioensaios em estudos de avaliação da toxicidade da fracção biodisponível de metais pesados nos solos. Para além disso, estes estudos complementariam a informação actualmente obtida pelos ensaios tradicionalmente efectuados com base em análises físicas (*e.g.* mudanças acentuadas no crescimento).

As preocupações dos europeus face aos problemas ambientais, em parte resultantes dos dados divulgados pela Agência Europeia do ambiente (EEA, 2005) acerca dos problemas relacionados com a contaminação de águas e solos, pelas consequências que daí decorrem para os restantes níveis tróficos de um ecossistema, comprovam a

necessidade de se aprofundar os estudos sobre a toxicidade de metais pesados em organismos.

No segundo PI desenvolveu-se um projecto que interliga as potencialidades da biotecnologia vegetal com interesses de preservação de espécies em risco (e, consequentemente, interesses de protecção ambiental). No projecto desenvolvido, “*Micropropagação do zimbro*”, utilizou-se uma espécie *Juniperus phoeniceae* L. que faz parte da vegetação natural de Porto Santo, presentemente em risco na Ilha, e com dois indivíduos apenas (Loureiro et al., 2006). Considerando as condições testadas, os resultados evidenciaram que, a partir de rebentos de material adulto de *Juniperus phoeniceae* L., é possível dispor de um protocolo optimizado de micropropagação e consequentemente, que o método de propagação/clonagem utilizado pode constituir uma boa estratégia de propagação/preservação de espécies lenhosas recalcitrantes.

Os resultados obtidos são, por isso, indicadores do interesse em se desenvolver investigação nesta área, pela utilidade que estas técnicas de biotecnologia vegetal têm na protecção ambiental, particularmente, na conservação/preservação de espécies/genótipos em risco.

Por último, o desenvolvimento destes dois projectos investigativos permitiram à investigadora-professora adquirir competências científicas, quer no âmbito teórico-conceptual, quer processual, em biologia e biotecnologia vegetal para conceber, planejar, implementar e avaliar PIs em Didáctica das Ciências, com e pelos alunos-futuros professores, num curso de licenciatura em Ciências da Natureza e Matemática para o 2º Ciclo do Ensino Básico. A investigadora-professora sentiu, assim, confiança para desenvolver PIs com, e pelos alunos-futuros professores, envolvendo temáticas actuais de biologia e biotecnologia vegetal e componentes de trabalho experimental e laboratorial.

V.1.3. PERCURSOS INVESTIGATIVOS EM FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS

V.1.3.1. Conclusões

De uma forma global, os resultados obtidos nos PIs desenvolvidos em formação inicial de professores de ciências foram satisfatórios e podem traduzir-se num conjunto de generalizações em relação a aspectos: i) epistemológicos e metodológicos - educação sobre ciências, ii) teórico-conceituais (domínio de biologia e biotecnologia - educação em ciências) e iii) de educação para a cidadania - educação pelas ciências.

Aspectos epistemológicos e metodológicos

Em relação aos aspectos epistemológicos e metodológicos evidenciados nos PIs desenvolvidos em formação inicial de professores de ciências, parece lícito inferir que o estudo de caso desenvolvido, com e pelos alunos-futuros professores de ciências, permitiu explorar e destacar especificidades próprias dos alunos, que um estudo alargado não permitiria (Estrela et al., 2002). Assim, numa perspectiva construtivista de aprendizagem, o trabalho de natureza qualitativa desenvolvido permitiu, pelo seu carácter descritivo e interpretativo, captar a natureza das dificuldades sentidas pelos alunos-futuros professores, e reconhecer que a (re)construção de conhecimentos se efectua “*por processos de transformação e reconstrução de dados em função dos (...) próprios sistemas cognitivos [dos alunos] (...) e [de] condições motivacionais, atitudinais e compreensivas diferentes*” (Almeida, 2000b, p. 54). Além disso, permitiu diagnosticar concepções, crenças e atitudes dos alunos-futuros professores relativas a educação em ciências e, posteriormente, reformular essas concepções, crenças e atitudes, pelo seu envolvimento na intervenção.

Especificamente, verificou-se que no início da intervenção:

- Os alunos-futuros professores não manifestaram concepções adequadas sobre NCs e produção de conhecimento científico [e.g. não conseguiam estabelecer uma relação

explícita entre “*what scientist do and the activities completed in class*” (Lederman, 2007, p. 855)] nem sobre a evolução/mudanças nos usos e costumes das ciências;

- Os alunos-futuros professores desconheciam que a abordagem explícita de aspectos relativos à construção de conhecimento científico é necessária para promover o desenvolvimento de concepções mais adequadas sobre a NCs “*conceptions of NOS [Nature of Science] are best learned through explicit, reflective instruction as opposed to implicitly through experiences with simply “doing” science*” (Lederman, 2007, p. 869). Como tal, não valorizavam o ensino explícito de aspectos da NCs, e muito menos os valorizavam de forma idêntica à valorização do ensino explícito de conteúdos substantivos em ensino de Ciências Naturais.

Comparando a situação de pré-intervenção e a de pós-intervenção, verificou-se uma evolução expressiva nas concepções e atitudes dos alunos, indicativas de desenvolvimentos de visões/concepções e atitudes mais adequadas sobre ciências. Por exemplo, a dificuldade de comunicação que a Inês evidenciou no início da intervenção foi minimizada à medida que se ia envolvendo nas actividades: “*When given the interactive opportunities to express their conceptual understanding, students’ ability to apply scientific methods and appropriate scientific discourse greatly improved*” (Crawford, 2005, p. 142).

A investigadora-professora teve um papel fundamental de esclarecimento e orientação dos alunos-futuros professores para visões pós-positivistas e contextualizadas de ciências, nomeadamente, ao criar momentos facilitadores da reformulação de concepções, crenças e atitudes relativas a educação em ciências. Com esta preocupação, a investigadora-professora optou por:

1. Privilegiar na intervenção uma metodologia de análise/reflexão permitindo aos alunos-futuros professores consciencializarem-se das “*suas concepções iniciais, de as confrontarem com diferentes posições teóricas e de discutirem as suas implicações para o ensino e aprendizagem das ciências*” (Silva e Duarte, 1997, p. 272).

A investigadora-professora adoptou esta metodologia por considerar fundamental que os alunos-futuros professores reformulassem crenças e atitudes relativamente à NCs e à educação em ciências, para evitar que perspectivas inadequadas pudessem vir a influenciar as suas práticas (Jones e Carter, 2007), em particular, no que se refere ao desenvolvimento de PIs.

2. Privilegiar a “*dimensão nova do não saber*”, a “*impossibilidade de saber tudo*” (Sá-Chaves, 2000, p. 47) que, em vez de desfavorecer, pretendia fortalecer o saber

profissional de cada aluno-futuro professor pela força criativa das dúvidas (Sá-Chaves, 2000).

3. Dar relevância ao desenvolvimento de PIs centrados nos alunos-futuros professores em que abordassem temáticas mobilizadoras de conhecimentos no âmbito de biologia e biotecnologia que os interessasse e a que reconhecessem relevância social.

Ao centrar os PIs nos alunos, a investigadora-professora pretendia que estes tomassem consciência de que o conhecimento científico é *“produto da actividade e do pensamento humano”* (Santos, 2002, p. 34).

4. Privilegiar a interacção social dos alunos-futuros professores nos processos de reflexão sobre a natureza e os processos das ciências, bem como sobre os relativos a educação em ciências (Crawford, 2005).

Ao privilegiar estratégias de partilha solidária do conhecimento, mormente, de trabalho colaborativo, a investigadora-professora pretendia envolver, activamente, os alunos na produção de conhecimento (Sá-Chaves, 2000) e proporcionar-lhes oportunidades de desenvolvimento de competências de relacionamento interpessoal e de comunicação.

5. Privilegiar na intervenção o desenvolvimento de PIs envolvendo conteúdos actuais de biologia e biotecnologia vegetal, pertinentes numa educação para a cidadania, de forma a promover nos alunos-futuros professores a clarificação de atitudes, valores e de dúvidas sobre os conceitos envolvidos, *e.g. “entre pressões de desenvolvimento e progresso e questões éticas e de preservação”* (Miguéns et al., 1996, p. 123).

O interesse demonstrado pelos alunos-futuros professores em abordar temas actuais de ciências (*e.g.* evidenciado pelas respostas dadas à questão II.2. do pós-teste, Anexo II, p. 255-257) foi um estímulo para abordar assuntos envolvendo clonagem de plantas e toxicologia ambiental.

6. Envolver os alunos-futuros professores em TE/TL de cariz investigativo sobre clonagem de plantas e toxicologia ambiental, numa perspectiva de inter-relações CTS e de desenvolvimento sustentável,

7. Demonstrar a viabilidade de desenvolver actividades de clonagem de plantas e de toxicologia ambiental no ensino básico, dado que o material e equipamento requeridos não implicam custos elevados, nem são difíceis de adquirir.
8. Estabelecer articulações entre investigação em ciências e/ou em educação em ciências – *“the work of scientist, the nature of their investigations, and the abilities and understandings required to do this work”* (Anderson, 2007, p. 810), *“developing reflective, inquiring science teacher”* (Roth, 2007, p. 1246) –, ensino por investigação – *“inquiry into authentic questions generated from student experiences”* (Anderson, 2007, p. 810) – e aprendizagem por investigação: *“reflect the nature of inquiry in the scientific context”, [and], “is very similar to what other call constructivist learning”* (Anderson, 2007, p. 809) (Figura V.1.).

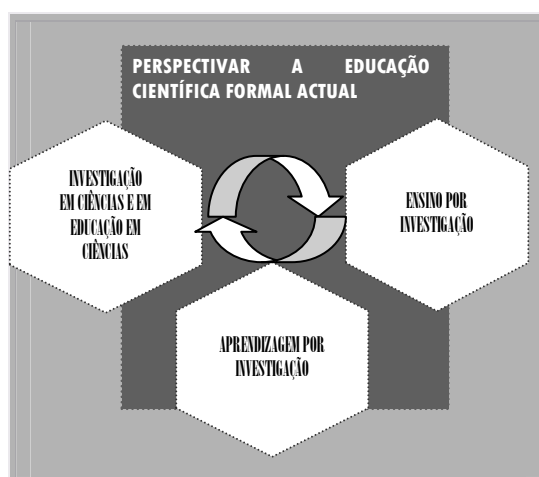


Figura V.1.: Esquemática da interacção entre investigação em domínios relevantes (ciências e educação em ciências), ensino e aprendizagem de ciências

Para a investigadora-professora, encarar a investigação como eixo metodológico e estrutural de ensino e aprendizagem das ciências implica estreitar relações entre as instituições de investigação científica e as instituições de educação (Roth, 2007), responsabilizar os investigadores-professores pela tarefa de articularem, cuidada e criteriosamente, dimensões de ciências com dimensões de educação em ciências, bem como de as transporem adequadamente para as suas práticas docentes. Esta transposição deve propiciar aos seus alunos-futuros professores a re)construção adequada de concepções, o aprofundamento de conhecimentos e, fundamentalmente, o desenvolvimento de competências, em particular, investigativas

para conceberem, planearem, implementarem e avaliarem PIs, incluindo componentes experimentais, de uma forma conscienciosa e responsável (Brown e Melear, 2006).

Em síntese, a investigadora-professora reconhece *“that being a fully professional science teacher means seeing teaching not only as an evidence-based activity, but also to some extent as a research-based activity”* (Kind e Taber, 2005, p. 253).

- 9 - Desenvolver nos alunos-futuros professores apetências para autoformação (Esteves e Rodrigues, 2003), estimulando cada aluno-futuro professor a rever-se como um *“profissional criativo e autónomo capaz de se apropriar da sua formação e do seu próprio destino profissional”* (Sanches e Jacinto, 2004, p. 212), não se restringido *“às dimensões teórica e técnica, nem a ambientes que (...) [reforçam a sua] componente individualizada”* (ibid.).

Aspectos teóricos-conceituais e de educação para a cidadania

Em relação aos aspectos de âmbito teórico-conceitual e de educação para a cidadania evidenciados nos PIs desenvolvidos em formação inicial de professores de ciências, parece lícito inferir que a intervenção contribuiu para os alunos-futuros professores desenvolverem competências:

- em domínios de biologia e de biotecnologia vegetal – teórico-conceituais e pedagógico-didáticos -, pela vivência de percursos construtivistas, reflexivos e investigativos;
- investigativas importantes para i) julgarem conhecimentos científico e tecnológicos, e.g. reflectirem sobre papéis de biologia e biotecnologia na resolução de questões ambientais, ii) apreciarem os valores que modelam a utilização de inovações científicas e tecnológicas (e.g. conhecimento biotecnológico); e iii) melhorarem o seu poder de iniciativa e a tomada de decisões face a questões polémicas e/ou envolvendo aspectos práticos da sua vida (e.g. selecção dos alimentos para a sua dieta).

O desenvolvimento destas competências, a par do desenvolvimento de capacidades e atitudes (e.g. do espírito crítico, criativo, da auto-estima, do sentido moral e ético)

auxiliará os alunos-futuros professores a realizarem-se pessoal e socialmente em exercícios de cidadania, conscientes e responsáveis.

Em síntese, a intervenção permitiu:

- i) Reformular concepções, crenças e atitudes pelos alunos-futuros professores, bem como pela investigadora-professora acerca da NCs e produção de conhecimento científico, aproximando-as de perspectivas mais consentâneas com o “ethos” actual das ciências;
- ii) Desenvolver competências com, e pelos alunos-futuros professores acerca de aprender *sobre* ciências (*e.g.* desenvolvimento de pensamento reflexivo);
- iii) Reformular concepções pelos alunos-futuros professores sobre TP, TE e TL;
- iv) Desenvolver PIs com, e por alunos-futuros professores com componentes de TE/TL envolvendo conteúdos de toxicologia e de biotecnologia vegetal numa perspectiva de inter-relações CTS;
- v) Gerar um ambiente propício para os alunos-futuros professores desenvolverem competências específicas para conceber, implementar e avaliar PIs, estimulando confiança para os desenvolverem com os seus futuros alunos do ensino básico;
- vi) Consciencializar os alunos-futuros professores da importância de aprofundar conhecimentos em toxicologia ambiental e biotecnologia vegetal pela utilidade que têm ou poderão ter na prevenção e (re)solução de problemas planetários, *e.g.* segurança alimentar, actuais e no futuro;
- vii) Consciencializar os alunos-futuros professores da importância de desenvolverem PIs e, desse modo, melhorarem a sua própria literacia científica e contribuírem para promover a dos seus futuros alunos.

V.1.3.2. Limitações do trabalho

Conquanto que, pelos resultados obtidos, os objectivos tenham sido no geral atingidos, reconhecem-se limitações e constrangimentos. Entre eles destacam-se:

- Experiência profissional da investigadora-professora: A professora até à data da realização da intervenção, com e pelos alunos-futuros professores, não se tinha envolvido em reflexões sobre a NCs e construção de conhecimento científico, nem

incentivado os seus alunos a desenvolvê-las. Esta ausência de reflexão reflectiu-se nalgumas falhas nos documentos preparados e utilizados pelos alunos-futuros professores.

- Tempo: o tempo total disponível para a consecução dos objectivos delineados para a intervenção (período lectivo de um ano) impediu a validação externa dos recursos didácticos: (e.g. pré, pós-teste e Fichas): *“There is never enough time to do everything a teacher thinks should be done”; “inquiry (...) takes more time, and the teacher wanting to give more emphasis to inquiry faces a dilemma of significant proportions* (Anderson, 2007, p. 816).

O tempo disponibilizado para a intervenção tornou-se, ainda, insuficiente para melhor clarificar os conteúdos teóricos envolvidos nos PIs de cada aluno-futuro professor e para os acompanhar na construção de recursos heurísticos.

- Práticas ideais *versus* reais: O facto de, aparentemente, existirem notórias diferenças entre o tipo de aulas leccionadas pela investigadora-professora e as restantes aulas das outras disciplinas incluídas no mesmo curso de licenciatura foi um dos motivos para se gerar alguma resistência à inovação das práticas. Como exemplo desta resistência cita-se a dificuldade que os alunos-futuros professores sentiram ao envolverem-se em PIs: *“it is hard for teachers to change their roles, not just because of the school culture, but because it is difficult for people to change such roles in any context and because the process of learning new roles is more complicated and time consuming than generally thought* (Anderson, 2007, p. 816).

O contexto profissional onde se realizou a formação também influenciou as atitudes dos alunos-futuros professores face ao TE/TL que se pretendia que desenvolvessem, ao gerarem-se constrangimentos associados, principalmente, às dificuldades da própria instituição em obter os materiais de laboratório necessários à implementação dos TE/TL. Este aspecto pode conduzir, implicitamente, os professores a não optarem por TE/TL (Jones e Carter, 2007). Atendendo a estes aspectos, é necessário que, em contextos que se pretendam promotores de inovação das práticas de professores, se reflecta atempadamente, sobre as condições requeridas e, oportunamente, se preparem os materiais e os procedimentos necessários à concepção, implementação e avaliação dessas práticas.

- Factores internos aos alunos-futuros professores: Na intervenção, o facto dos alunos-futuros professores terem idades e experiências profissionais diferentes, reflectiu-se: i) na dificuldade em gerirem o seu tempo de leitura, de reflexão e investigação, ii) nas dificuldades evidenciadas na escrita e comunicação oral, iii) nas atitudes

demonstradas face à complexidade dos conteúdos científicos e técnicos envolvidos em biotecnologia vegetal e toxicologia ambiental e, fundamentalmente, iv) nos níveis de conhecimento pedagógico-didático expressos por cada um (níveis de conhecimentos de conteúdo substantivo, processual e epistemológico sobre NCs e sobre educação em ciências) e na forma como os aplicam na prática. Todos estes factores induziram, provavelmente, atenção superficial ou impulsiva demonstrada pelos três alunos-futuros professores, deduções prematuras e falta de pensamento reflexivo evidenciadas pela Inês e pela Olga, ou seja, ausência de metacognição.

De forma a obviar estes aspectos, teria sido necessário dedicar mais esforço e tempo de análise sobre o conhecimento profissional de cada aluno-futuro professor na situação de pré-intervenção, em particular, nas dimensões epistemológicas-didáticas (como se voltará a salientar na secção V. 1.3.4.), para daí se recolher a informação necessária sobre os aspectos que poderiam oferecer maior resistência à inovação das suas práticas. A partir desta informação recolhida, poder-se-ia então conceber os documentos de trabalho que melhor se adequassem ao perfil de conhecimentos de cada aluno-futuro professor.

V.1.3.3. Implicações/sugestões para trabalhos futuros

Apresentam-se algumas sugestões para futuras investigações que poderão esclarecer ou aprofundar aspectos que, sendo pertinentes, não foram contemplados ou foram insuficientemente abordados.

► Sugere-se assim, que em programas de formação inicial de professores de ciências:

- Se disponibilize tempo para reflexão epistemológica.
Serão desejáveis projectos de investigação de longo alcance e qualitativos (Keys e Bryan, 2001), efectuados com e pelos professores, onde a diversidade de experiências profissionais sejam dimensões às quais se possa dar maior relevância para melhor compreensão dos percursos de reflexão e de reconstrução do conhecimento profissional. Estes estudos devem ser orientados, por sua vez, por professores experientes visando a sua melhor consecução (Friedrichsen e Dana, 2005).

A disponibilidade para reflexão epistemológica também será importante quando se pretende minimizar as barreiras geradas entre os alunos-futuros professores e o professor (Mulholland e Wallace, 2003a). Com reflexão, os alunos-futuros professores podem tomar consciência das suas concepções, atitudes e valores, e reconhecerem a necessidade de as reformular “*num diálogo recíproco, construtivo*” (Alarcão, 1996, p. 24) com o professor.

- Se promova a (auto)formação permanente dos professores, motivando-os a desenvolverem PIs em colaboração com instituições de investigação em ciências e/ou educação em ciências (Akerson e Hanuscin, 2007), quer de natureza documental, quer de natureza prática e experimental. Neste sentido, será desejável que os professores desenvolvam, em contexto escolar, “*parcerias de colaboração, com investigadores e formadores de professores, (...) [envolvendo-se em] investigações e projectos de desenvolvimento e gestão curricular*” (Miguens e Serra, 2000, p. 573). A formação contínua de professores é um dos meios de promover esta formação permanente, de promover contextos propícios ao desenvolvimento de PIs, envolvendo-os em “*some explicit approaches, such as discussions surrounding assigned readings, along with some implicit approaches, such as encouraging them to conduct student-directed, open-ended scientific inquiries about which they are asked to reflect*” (Bencze et al, 2006, p. 418).

Esta sugestão articula-se, de uma forma indirecta, com propostas feitas por diversos investigadores (e.g. Santos Rosa e Schnetzler, 2003) de que o professor seja encarado como construtor da sua prática, e a escola seja o lugar de produção dos conhecimentos pedagógico-didáticos. Isso implica que o professor se envolva em processos de investigação-acção como um dos meios para a viabilização desta produção de conhecimentos (Graebner et al., 2009; Santos Rosa e Schnetzler, 2003).

- Se promova a exploração de temáticas de ciências para o mundo contemporâneo

Os professores de formação inicial deverão dar oportunidades aos seus alunos-futuros professores de se envolverem na exploração de temáticas de ciências para o mundo contemporâneo, controversas ou não: “*the teaching of controversial issues is one way that teacher promote democratic participation and social justice*” (Jones e Carter, 2007, p. 1090). Desta forma, facilitarão a aquisição pelos alunos-futuros professores de competências interpretativas, reflexivas e de uma postura interrogativa e crítica, indispensáveis à tomada de decisões sobre assuntos para os quais é

fundamental a sua formação em temáticas actuais de ciências. Estas temáticas devem ser exploradas em contextos onde se possa gerar conhecimento com fidelidade e inteligibilidade, de forma a permitir que os alunos clarifiquem as suas atitudes e valores e desenvolvam competências de relacionamento interpessoal e comunicação (Miguéns et al., 1996). Os manuais podem e devem ainda auxiliar nesta exploração (Santos, 2002).

► Em relação à investigação científica, à luz dos resultados obtidos sugere-se:

- O estreitamento e colaboração entre instituições de investigação em ciências, em didácticas das ciências e escolas, já sugeridos por diversos investigadores (e.g. Pedrosa, 2000b; Segovia Pérez, 1997) onde a autonomia, participação e o apoio à investigação sejam incentivados *“para comenzar a vencer las resistências al cambio por parte dele profesorado”* (Segovia Pérez, 1997, p. 216).
- Aproximar os investigadores dos cidadãos e realçar o papel das ciências, em geral, da investigação científica, em particular, para melhorar a actuação das pessoas face aos desafios da sociedade moderna. Destacam-se iniciativas destinadas a aproximar os investigadores dos cidadãos, como “Researchers in Europe – RIE”, da UE¹⁹. No âmbito das TIC, diversas Universidades, portuguesas e estrangeiras, têm promovido nos respectivos sítios formas de relacionamento directas com os cidadãos, no que diz respeito a projectos em curso, materiais didácticos e sugestões para actividades (e.g. Universidades do Minho e do Porto, e Universidades de Machassussets, de Michigan e de Oxford). Destaca-se o projecto curricular “Investigando nuestro mundo” (INM) (6-12) (Pozuelos e Travé, 2007), em que se disponibiliza uma plataforma digital que, além de uma rede de contactos com o exterior, proporciona apoio a professores para planificarem e implementarem investigação escolar (*ibid.*).

V.1.3.4. Considerações finais

A análise retrospectiva de conclusões, implicações e sugestões proporciona a seguinte reflexão pessoal:

¹⁹ http://ec.europa.eu/research/leaflets/index_en.html [Online, 08/11/08]

Este estudo contribuiu decisivamente para a investigadora-professora tomar consciência que desenvolver com, e pelos alunos-futuros professores, PIs envolvendo conhecimentos de biologia e biotecnologia para o mundo contemporâneo vai além do desenvolvimento de competências no domínio substantivo dos respectivos conceitos e teorias envolvidos. Abrange também o desenvolvimento de competências processuais, reflexão sobre a natureza desses conhecimentos, mormente, sobre os contextos e os processos de produção e de validação científicos, sobre as suas inter-relações com a tecnologia e a sociedade, bem como reconhecimento da construção e relevância desses conhecimentos na realização pessoal, social e de formação para a cidadania.

Assim, desenvolver PIs em biologia para o mundo contemporâneo envolve, necessariamente, uma tomada de consciência das implicações sociais, éticas ou morais dos conhecimentos biológicos e/ou das suas aplicações tecnológicas, dada a sua relevância em exercícios de cidadania, conscientes e responsáveis.

Ser-se cidadão hoje passa pela motivação e pela capacidade dos indivíduos se envolverem em decisões sobre os rumos da sociedade. Assim, estabelecer-se fios condutores interactivos entre investigação em ciências, investigação em educação em ciências, ensino por investigação e aprendizagem por investigação é um meio de aproximar, verdadeiramente, a prática de ciências do seu pretendo objectivo de melhorar a qualidade de vida de todas as pessoas.

Integrar investigação nos percursos de formação inicial de professores de ciências pode estimular o desenvolvimento de dimensões de educação *pelas* ciências e *sobre* ciências em ensino e aprendizagem de ciências em todos os níveis educativos. De facto, constitui uma via plausível para abordar temas actuais de ciências, e um meio de transformar as aulas de ciências em contextos diversificados, agradáveis e motivadores da aprendizagem de ciências, nas quais os alunos podem desempenhar papéis mais activos e responsáveis pelas suas aprendizagens (o que nem sempre ocorre) (Miguéns, 1999).

É preciso reconhecer que a educação/formação de alunos-futuros professores nas dimensões de educação *em*, *pelas* e *sobre* ciências e, por conseguinte, empenhada em envolver os destinatários na utilização racional de conhecimento biológico e tecnológico na vida prática, e em tomadas de consciência dos seus papéis em questões de desenvolvimento sustentável (Melo, 2007), dificilmente se conseguirá com uma simples intervenção, como a que se descreveu. Poderá conseguir-se melhor com o envolvimento de professores de diversas disciplinas, curriculares e não curriculares, que integram a educação formal, dispostos e capazes de envolver os seus alunos em práticas

consonantes com preocupações de cidadania, numa perspectiva de desenvolvimento sustentável. Em conjunto poderão:

- i) Cativar os alunos para as ciências;
- ii) Contribuir para consciencializar os alunos da importância de se desenvolver investigação científica;
- iii) Contribuir para consciencializar os alunos da importância de aprender a investigar (*e.g.* desenvolver competências para julgar a informação divulgada pelos media) e de investigar para aprender - investigação escolar como estratégia de ensino e aprendizagem (Pozuelos e Travé, 2007); e
- iv) Legitimar a presença de conteúdos de ciências nos currículos da escolaridade obrigatória.

Por último, espera-se com os resultados e generalizações obtidas contribuir para perspectivar melhorias no ensino das ciências, em geral, no ensino básico em particular, dado que, tal como expressa Lopes (2003), melhorias significativas no sistema educativo requerem mudanças das práticas individuais de professores e consolidam-se através delas. Os professores também são construtores do futuro, e ao inovarem as suas práticas, de uma forma conscienciosa e responsável, certamente contribuirão para melhorar a qualidade da formação dos seus alunos. Ou seja, os professores poderão contribuir para que os seus alunos desenvolvam competências indispensáveis para aprenderem a aprender (UE, 2006), compreenderem os avanços, limitações e riscos das ciências e tecnologias e exercerem uma cidadania activa, visando a tomada de decisões *“face aos valores, questões morais, cultura, etc.”* (UE, 2006, p. 15).

A

- Abrams E. (2000) Debater e fazer ciência: elementos importantes numa abordagem de ensino para a compreensão. in Mintzes J. J. Wandersee J.H. e Novak J.D. (Ed.) Ensinando ciência para a compreensão. Uma visão construtivista. Capítulo 12. Edições técnicas Plátano. 1ª Edição. p. 268-283.
- Acevedo G. R. (1998) Ciencia, tecnologia y sociedad: una mirada desde la educación en tecnologia. Monográfico. Revista Iberoamericana de Educación. Número 18, p.107-143.
- Acevedo Díaz J. A. (2006) Relevância de los factores no-epistémicos en la percepción pública de los asuntos tecnocientíficos. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias. 3(3), p. 370-391.
- Acevedo Díaz J. A. (2007) Las atitudes relacionadas con la ciencia y la tecnologia en el estudio PISA 2006. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 4(3) p. 394-416
- Acevedo Díaz J. A. (2008) El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. Fundamentos y líneas de trabajo. Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien. 5(2), p 134-169.
- Acevedo J. A., Acevedo P., Manassero M. A., Oliva J. M., Paixão M. F., Vázquez Á. (2004) Naturaleza de la Ciencia, Didáctica de las Ciencias, Práctica Docente y Toma de Decisiones Tecnocientíficas (III Seminario Ibérico CTS, Universidad de Aveiro (28-30 de Junio de 2004) <http://www.oei.es/salactsi/acevedo21.htm> [Acedido: 01/03/2006]
- Acevedo J. A., Vasquez A., Martin M., Oliva J. M., Acevedo P., Paixão M. F., Manassero M.A. (2005a) Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica Revista Eureka sobre enseñanza e divulgación de las ciencias, vol.2, nº 2, p. 121-140.
- Acevedo J. A., Vasquez A., Paixão M. F., Acevedo P., Oliva J. M., Manassero M. A. (2005b) Mitos da didáctica das Ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da ciência no ensino das ciências. Ciência & Educação, v. 11, nº 1, p.1-15.
- Acevedo-Díaz J. A., Vázquez-Alonso Á., Manassero-Mas M. A., Acevedo-Romero P. (2007) Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 4(1), p. 42-66.
- Afonso N., Canário R. (2002) Estudos sobre a situação da formação inicial de professores. INAFOP. Cadernos de formação de Professores. Porto Editora, p. 51-52.
- AEA (Agência Europeia de Ambiente) (2004) Sinais ambientais 2004. Actualização da agência europeia do ambiente sobre questões específicas. Serviço das publicações oficiais das comunidades europeias.
- Aikenhead G. S. (1998) Science Communication with the Public: A Cross-Cultural Event chapter 7 in Chris Bryant, Mike Gore, & Sue Stocklmayer (Eds.), *Science Communication in Theory and Practice*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers (forth coming). p. 9

- Aikenhead G. (1994) [Chapter 5: What is STS Science Teaching?](#) in J. Solomon & G. Aikenhead *STS Education: International Perspectives on Reform*. Teachers College Press, New York.
- Akerson V. L, Abd-El-Khalic F e Lederman N. G. (2000) Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 37, nº 4, p. 295-317
- Akerson V. L, Morrison J. A. e Lederman N. G. (2006) One course is not enough: preservice elementary teachers' retention of improved views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 43, nº 2, p. 194-213.
- Akerson V. L. e Hanuscin D. L. (2007) Teaching nature of science through inquiry: results of a 3-Year professional development program. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 44, nº 5, p. 653-680.
- Alarcão I. (1996) Reflexão crítica sobre o pensamento de D. Shön e os programas de formação de professores. In Isabel Alarcão (org.) e outros. *Formação reflexiva de professores. Estratégias de supervisão*. Coleção Cidine 1. Porto Editora. p. 9-39
- Alarcão I. (2001a) Professor-investigador. Que sentido? Que formação? In B. P. Campos (org.) *Formação profissional de professores no Ensino superior*. Porto: INAFOP/ Porto Editora, 21-30.
- Alarcão I. (2001b) Compreendendo e construindo a profissão de professor. Da historia da profissão professor ao histórico profissional de cada professor. Universidade de Aveiro, 1ª edição
- Albe V. (2006) Tratar controversias científicas contemporâneas en clase. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. nº 49, p. 95-104.
- Alcantara E., Romera F. J., Canete M. (1994) Effects of heavy metals on both induction and function of root Fe(III) reductase in Fe deficiency Cucumber (*Cucumis sativus*) Plants, *J. Exp. Bot.*, vol. 45, p.1893-1898.
- Alcamo, J. + 77 outros co-autores (2003). *Ecosystems and Human Well-Being: a framework for assessment*, Millennium Ecosystem Assessment, World Resources Institute. Washington DC: Island Press <http://www.millenniumassessment.org/en/Framework.aspx> [Acedido: 01/03/2006]
- Almeida A. M. F. G. (2000a) 2. *Percursos vivenciados e sua importância formativa*. Ministério da Educação (Ed). *Concepção e Concretização das Acções de Formação*. 2 – Ensino Experimental das Ciências. Departamento do Ensino Secundário, Lisboa, p. 39-62
- Almeida, A. M. F. G. (2000b) 1.4. *Educação em Ciências e Trabalho Experimental: Emergência de uma nova concepção* Ministério da Educação (Ed.) *Repensar o ensino das ciências - Ensino Experimental das Ciências*. Departamento do Ensino Secundário. Lisboa. p. 51-74

- Altman A. (1999) Plant biotechnology in the 21st century: the challenges ahead. *Electronic journal of biotechnology*. Vol. 2, nº 2. p. 51-55
- Altet M. (2000) *Análise das práticas dos professores e das situações pedagógicas*. Coleção Ciências da Educação Século XXI. Porto Editora
- Alvarez S. M., Carlino P.C. (2004) La distancia que separa las concepciones didácticas de lo que se hace en clase: el caso de los trabajos de laboratorio en Biología. *Enseñanza de las ciencias*, 22 (2), p. 251-262.
- Alves M. P. C. (2004) *Currículo e avaliação. Uma perspectiva integrada*. Coleção currículo, políticas e práticas. 21. Porto Editora.
- Anderson R. D. (2007) Inquiry as an organizing theme for science curricula in Sandra K. Abell e Norman G. Lederman *Handbook of research in science education*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers. Chapter 28, p. 807-830
- Andersone U., Lenvish, G. (2005) *In vitro* regeneration of mature *Pinus sylvestris* buds stored at freezing temperatures. - *Biol. Plant.* 49, p. 281-284.
- Aragón Méndez M. del Mar (2004) “La ciencia de lo cotidiano” Experiencias recursos y otros trabajos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol. 1, nº 2, p. 109-121.
- Arends R. I. (1995) “Aprender a ensinar”. McGraw Hill.
- Arnon D. I. (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology* 24, p. 1–10.
- Atlan H., Augé M, Delmas Marty M, Droit R-P e Fresco N. (2001) *Clonagem humana*. Editora Quarteto 2001.
- Auler D. e Delizoicov D. (2006) Ciência-tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. *Revista eletrônica de enseñanza de las ciencias*. Vol. 5, nº 2, p. 337-355
- Ávila P. e Castro P. (2000) Compreender a ciência: O inquérito à cultura científica dos portugueses in Maria Eduarda Gonçalves Os portugueses e a ciência. Cap. 7.. Editora Dom Quixote. Observatório das ciências e das tecnologias. p. 287-320

B

- Baker A. J. M. (1981) Accumulators and excluders-strategies in the response of plants to heavy metals. *J. Plant Nutr.* 3, p. 643-654.
- Barcelo, Vásquez MD, Poschenrieder Ch. (1988) Structural and ultrastructural disorders in cadmium treated bush bean plants *The new phytologist* 108, p. 37-49.
- Bell, R; Abd-el-Khalic F., Lederman N. G, Mccomas W. F. e Matthews M. R. (2001) The nature of science and science education: a bibliography. *Science & Education* 10, p. 187-204

- Bell J. (2002) Como realizar um projecto de investigação. Trajectos. Editora Gradiva. 2ª Edição. p. 23
- Bencze J. L., Bowen G. M. e Alsop S. (2006) Teachers' tendencies to promote student-led science projects: associations with their views about science. *Science Education*. 90, p. 400-419
- Bergmeyer H. U. (1974) *Methods of enzymatic analysis*. Vol. 1. Verlag Chemie GmbH, Weinheim/Academic. Press, New York, 2nd English Edition, p. 362-369
- Beuzekom B. e Arundel A. (2006) Country reviews, OECD economic surveys. Portugal economics, April, Chapter 3: Improving the performance of the education system. p. 7 www.oecd.org/dataoecd/51/59/36760212.pdf [Acedido em 01/03/06]
- BIO (2008) *The Guide to Biotechnology*. Biotechnology Industry Organization (BIO) Roxanna Guilford-Blake Debbie Strickland (Editores) <http://www.bio.org/speeches/pubs/er/> (Acedido 18/11/2008)
- Bonil J., Sanmartí N., Tomás C., Pujol R. M. (2004) Un nuevo marco para orientar respuestas a las dinámicas sociales: el paradigma de la complejidad. *Investigación en la escuela*. 53, p. 5-19.
- Borghat C. V. (2000) "New directions in Biology teacher education". Proceedings of the International Symposium "*BioEd 2000*" The Challenge of the next Century. IUBS-CBE (The International Union of Biological Sciences Commission for Biological Education) Orgs. http://intl.concord.org/cbe/papers/vander_borghat.html (Acedido, 04/01/07).
- Bradford M. M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilising the principle of protein dye binding. *Analytical Biochemistry* 72, p. 248–254.
- Breckle S.W. (1991) Growth under stress. Heavy metals. In: Waisel Y, Eshel A, Kafkafi U (eds), *Plant Roots: The Hidden Half*, pp. 351-373. Marcel Dekker Inc., New York, USA.
- Brito G. (2000) Micropropagação de duas espécies autóctones da Ilha de Porto Santo (*Olea europaea* L. ssp. *maderensis* Lowe e *Juniperus phoenicea* L.) e estudo da resposta de rebentos *in vitro* a stress osmótico. Master thesis, University of Aveiro, Aveiro.
- Brown S. L. e Melear C. T. (2006) Investigation of secondary science teachers'beliefs and practices after authentic inquiry-based experiences. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 43.nº 9, p. 938-962.

C

- Cachapuz A. (1995) O ensino das ciências para a excelência da aprendizagem In Carvalho A. e outros (Org.) *Novas metodologias em educação*. p. 349-385. Colecção Educação 8. Porto: Porto Editora.

- Cachapuz A. (2000) Perspectivas de Ensino. Formação de professores – Ciências. Textos de apoio nº 1 Centro de estudos de educação em ciência (CEEC) – Porto, 1ª Edição.
- Cachapuz A., Praia J., Gil Pérez D., Carrascosa J. e Martínez Terrades I. (2001) A emergência da didáctica das ciências como campo específico do conhecimento. Revista portuguesa de educação. Vol 14, nº 1. CEEP-Universidade do Minho. p. 155-195
- Cachapuz A., Praia J., Jorge M. (2002) Ciência e Educação em ciência. In António Cachapuz, João F. Praia, Manuela P. Jorge. Ciência, educação em ciência e ensino das ciências. Capítulo 1. Temas de investigação 26. Ministério da Educação. 1ª Edição. p. 21- 58.
- Cachapuz A., Praia J., Jorge M. (2002) Contributos para uma fundamentação teórica. In António Cachapuz, João F. Praia, Manuela P. Jorge. Ciência, educação em ciência e ensino das ciências. Capítulo 2. Temas de investigação 26. Ministério da Educação. 1ª Edição. p. 61-136.
- Cañal P. (Abril 2007) La investigación escolar, hoy. Monografía Enseñar y aprender investigando. Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales. nº 52, p. 9-19
- Cantos M., Cuerva J., Zarate R., Troncoso A. (1998) Embryo rescue and development of *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus* and *macrocarpum* seed. - Sci. Technol. 26: 193-198.
- Canavarro J. M. (1999) Ciência e sociedade. Colecção Nova Era. Educação e Sociedade. Editora Quarteto.
- Canavarro J. M. (2000) O que se pensa sobre a ciência. Colecção Nova Era. Educação e Sociedade. Editora Quarteto.
- Capelo A., Costa A., Santos C. (2003) An overview of *Juniperus phoeniceae* propagation: preliminary approach. "An overview of *Juniperus phoeniceae* propagation: a preliminary approach". (Poster) (I Simpósio de Biodiversidade em ecossistemas insulares: O exemplo de Porto Santo, Setembro de 2003).
- Capelo A., Santos C. (2003) "Micropropagation of the native Porto Santo *Olea europaea* ssp. *maderensis*: a contribution to combat desertification". (I Simpósio de Biodiversidade em ecossistemas insulares: o exemplo de Porto Santo), Setembro de 2003.
- Capelo A. e Santos C. (2006) "Clonagem e clones: abordagem de uma questão actual no ensino do 2º ciclo" in F. Gonçalves, R. Pereira, U. M. M. Azeiteiro e M. Pereira J. V (Edit.) Actividades práticas em ciência e educação ambiental. Capítulo IV. Colecção Horizontes pedagógicos. Instituto Piaget. p. 73-98
- Cardoso A. M., Peixoto A. M. Serrano M. C. e Moreira P. (1996) O movimento da autonomia do aluno. Repercussões a nível da supervisão. In Isabel Alarcão (org.) e outros. Formação reflexiva de professores. Estratégias de supervisão. Colecção Cidine 1. Porto Editora. p. 63-88
- Carvalho J. E. (2002) Metodologia do trabalho científico. Saber-fazer da investigação para dissertações e tese. Escolar editora.
- CE (Comunidades Europeias) (2002) Comunicação da comissão ao conselho, ao parlamento Europeu, ao comité económico e social e ao comité das Regiões. Ciências da vida e

- biotecnologia. Uma estratégia para a Europa COM(2002) 27. ec.europa.eu/biotechnology/pdf/policypaper_pt.pdf p. 14
- CCE (Comissão das Comunidades Europeias) (2003) Comunicação da comissão ao conselho, ao parlamento europeu e ao comité económico e social europeu. Uma estratégia europeia de ambiente e saúde COM(2003) 338 final
 - CCE (2005) – Recomendação do parlamento Europeu e do conselho sobre as competências-chave para a aprendizagem ao longo da vida (apresentada pela Comissão) COM 548 final 2005/0221 (COD) In [http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004_2009/documents/com/com_com\(2005\)0548_/com_com\(2005\)0548_pt.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004_2009/documents/com/com_com(2005)0548_/com_com(2005)0548_pt.pdf)(XXXXX)
 - Chagas I., Oliveira T. (2005), *O que a investigação diz acerca do ensino da Biologia: Linhas e tendências de investigação*. Revista da Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação, Junho nº 4, Investigar em Educação, p. 151-286.
 - Chamizo J. A. e Izquierdo M. (2005) Ciencia en contexto: una reflexión desde la filosofía. Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales, nº 46, p. 9-17.
 - Chaney R. L., Ryan J. A. (1994) Risk based standards for arsenic lead and cadmium in urban soils. Dechema, Frankfurt, Germany.
 - Chin C. e Chia L.-G. (2005) Problem-based learning: using Ill-structured problems in biology project work. Wiley InterScience. p. 44-67
 - Collins H. A., Edwards S. (1998) Plant cell culture. BIOS Scientific Publishers. Ltd. UK
 - Colucci-Gray L., Camino E., Barbiero G, e Gray D. (2006) From Scientific Literacy to Sustainability Literacy: An Ecological Framework for Education. Science Ed 90, p. 227– 252
 - Connel Des W. (2005) Basic concepts of environmental chemistry. CRC Taylor & Francis 2nd Edition. Taylor & Francis group.
 - Costa, F. (1999) O ensino das ciências e a nova organização curricular In Ramiro Marques e Maria do Céu Roldão (Org.) e outros. Reorganização e gestão curricular no ensino básico. Reflexão participada. p. 39-46. Coleção Cidine 8. Porto Editora
 - Costa A. F., Ávila P. e Mateus S. (2002) Públicos da ciência em Portugal. Trajectos Portugueses. 1^a Edição. Editora Gradiva.
 - Cotham J. S., Smith S. (1981) Development and validation of the conceptions of scientific theories test. Journal of Research in Science Teaching. 18(5), p. 387-396.
 - CSTE (Comité Scientifique de Toxicologie, Ecotoxicologie et l'Environnement) (2000) The available scientific approaches to assess the potential effects and risk of chemicals on terrestrial ecosystems. European Commission, Brussels, C2/JCD/csteeop/Ter91100/D(0):178.
 - Crawford B. A. (2007) Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice. Journal of Research in Science Teaching. Vol. 44, nº 4, p. 613-642.

- Crawford T. (2005) What counts as knowing: constructing a communicative repertoire for student demonstration of knowledge in science. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 42, nº 2, p. 139-165

D

- Day C. (2001) Desenvolvimento profissional de professores. Os desafios da aprendizagem permanente. Porto Editora. Coleção Currículo, Políticas e Práticas. Nº 7.
- DEB (Departamento da Educação Básica) (2001) Currículo Nacional do Ensino Básico: Competências essenciais. Ministério da Educação in <http://www.dgidec.min-edu.pt/fichdown/livrocompetencias/LivroCompetenciasEssenciais.pdf>. (Acedido 02/03/05).
- De Vos C. H. R., Vonk M. J., Vooijs R., Schat H. (1992) Glutathione depletion due to copper-induced phytochelatin synthesis causes oxidative stress in *Silene cucubalus*. *Plant Physiol* 98, p. 853-858.
- Dietz KJ, Baier M, Kramer U (1997) Free radicals and reactive oxygen species as mediators of heavy metal toxicity in plants. In: Prasad MNV, Hagemeyer (Eds.) *Plant Ecophysiology*. Wiley, New York, p. 73-83.
- Dhindsa e Matowe (1981) Drought tolerance in two mosses: correlated with enzymatic defence against lipid peroxidation. *Journal of Experimental Botany* 32, p. 79-91.
- Dirr, M.A., Heuser, C.W. (ed.) (1987) *The reference manual of woody plant propagation: From seed to tissue culture*. - Athens, GA: Varsity Press.
- Dori Y. J., Tal R. T. e Tsaushu M. (2003) Teaching biotechnology through case studies – can we improve higher order thinking skills of non science majors? *Science Education* 87:767-793
- Dourado L. e Freitas M. (2000) 1. Contextualização geral das acções de formação. Ministério da Educação (Ed). *Concepção e Concretização das Acções de Formação 1 – Ensino Experimental das Ciências*. Departamento do Ensino Secundário, Lisboa, p.11-32.

E

- EC (European Commission) (2002) “Life sciences and biotechnology — A strategy for Europe”. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM (2002) 27 in http://ec.europa.eu/biotechnology/pdf/com2002-27_en.pdf (Acedido 11 Abril de 2006).
- EC (European Commission) (2005) June. Special EUROBAROMETER 224 “Europeans, Science & Technology” / Wave 63.1 – *TNS Opinion & Social*” The attitudes of European citizens towards environment. Europeans, Science and Technology (Acedido 11/04/06).

- EEA (European Environment Agency) (Nov. 2005) "O ambiente na Europa - Situação e perspectivas 2005 - Sumário executivo http://reports.eea.europa.eu/state_of_environment_report_2005_1/pl/ (Acedido 11/04/06).
- Edson, J.L., Wenny, D.L., Dumroese, R.K., Legee-Brusven, A. (1996) Mass propagation of rocky mountain Juniper from stem cuttings. - Tree Planters' Notes 47, p. 94-99.
- EIBE (European initiative for biotechnology education) (2000) Biotechnology and the environment. Unit 16. p. 1-29 <http://www.ipn.uni-kiel.de/eibe/UNIT16EN.PDF> (Acedido 11/04/06).
- El-Nemr M. A., Tolymat H. M. 15-18 May, (2000) "New prospective role for Biology teachers relevant to the year 2000 and beyond". Proceedings of the International Symposium "BioEd 2000" The Challenge of the next Century IUBS-CBE (The International Union of Biological Sciences Commission for Biological Education) Orgs. http://www.iubs.org/cbe/pdf/el_nemr_tolymat.pdf (Acedido 04/01/07).
- Esteves M. e Rodrigues A. (2003) Tornar-se professor: estudos portugueses recentes. Revista da sociedade portuguesa de ciências da educação. Investigar em educação. Junho, nº 2, p. 15-68
- Estrela M. T., Esteves M e Rodrigues A. (2002) Síntese da investigação sobre formação inicial de professores em Portugal (1990-2000). Caderno de formação de professores. Porto Editora
- Evans F, Bucking W. (1976) Mineral analysis. In: JP Nitsche, ed. Modern methods in forest genetics. Proceedings in Life Science. Berlin: Spriger-Verlag, 165–188. Mirovitskaya N., Ascher W. (2001). Guide to sustainable development and environmental policy. Durham and London: Duke University Press

F

- Farooq S., Farooqe A. (2006) The use of cell membrane stability (CMS) technique to screen for salt tolerant wheat varieties Journal of Plant. Physiol. 163, p. 629-637.
- FAO (Food and Agricultural Organization) (2000) <http://www.fao.org/biotech/conf1.htm> (Acedido, 04/01/07).
- Federico Agraso M. e Jiménez Aleixandre M. P. (2006) Clonacion terapéutica? Decisiones sobre dilemas éticos en el aula. Alambique didáctica de las ciências experimentales, nº 49, p. 43-50
- Ferreyra A., Moreno M. A. e González E. M. (2004) Diseño de una investigación para la actualización de la enseñanza de las ciências naturales en la escuela primaria. Investigación en la escuela. 52, p. 93-102.
- Fernández I., Gil D., Carrascosa J., Cachapuz A., Praia J. (2002) Visiones deformadas de la ciencia transmitida por la enseñanza. Historia y epistemología de las ciências. Enseñanza de las ciências, 20(3), p. 477-488.

- Fernández Hernández J. M., Guerrero Bell M. e Fernández Guerrero R. (2006) Las ideas previas y su utilización en la enseñanza de las ciencias morfológicas en carreras afines al campo biológico in Fernando Arroyo Ilera (Edit.) Tarbiya nº 37. Revista de investigación e innovación educativa. Instituto Universitario de ciencias de la Educación. Universidade autónoma de Madrid p. 117-124.
- Fernández I., Gil Pérez D., Valdés P. e Vilches Amparo (2005) Capítulo 2 - Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos e transmitimos? La superación de las visiones deformadas de la ciencia y la tecnología: un requisito esencial para la renovación de la educación científica. In Daniel Gil Pérez, Beatriz Macedo, Joaquín Martínez Torregrosa, Carlos Sifredo, Pablo Valdés e Amparo Vilches (Ed.) Como promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años. Oficina regional de educación de la UNESCO. p. 29- 62.
- Figueiredo O., Almeida P e César M. (2004) O papel das metaciências na promoção da educação para o desenvolvimento sustentável. Revista electrónica de enseñanza de las ciencias. vol.3, nº 3
- Fonseca J. (2002) A natureza de uma disciplina de didáctica: o caso específico da didáctica das ciências. Revista da educação, Vol. XI, Nº 1, Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. p. 61-76
- Fontes A. e Cardoso A. (2006) Formação de professores de acordo com a abordagem Ciência/Tecnologia/Sociedade. Revista Electrónica de enseñanza de las ciencias. Vol.5, nº 1, p.15-30.
- Fortin M-F. (2003) Métodos de amostragem. In Fortin M-F (2003) O processo de investigação. Da concepção à realização. Capítulo 15. Décarie Éditeur. Lusociência – Edições técnicas e científicas. 3ª Edição. p. 201-214
- Fortin M-F, Grenier R., Nadeau M. (2003) Métodos de colheita de dados in Fortin Marie-Fabienne (2003) O processo de investigação. Da Concepção à realização. Capítulo 17 Décarie Éditeur. Lusociência – Edições técnicas e científicas. 3ª Edição. p. 240-265
- Friedrichsen P. M. e Dana, T. M. (2005) Substantive-level theory of highly regarded secondary biology teachers'science teaching orientations. Journal of Research in Science Teaching. Vol. 42, nº 2, p. 218-244.

G

- Gallego S. M., Benavides M. P., Tomaro M. L. (1996) Effects of heavy metal ion excess on sunflower leaves: evidence for involvement of oxidative stress. Plant Science 121: 151-159.
- Gaspar T., Kevers C., Penel C., Greppin H., Reid D., Thorpe T. (1996) Plant hormones and plant growth regulators in plant tissue culture. In Vitro Cellular & Developmental Biology Plant. 32, p. 272-289.

- Gil Pérez D., Amparo Vilches, Juan Carlos Toscano Grimaldi, Óscar Macías Álvarez (2006) «Década de la Educación para un Futuro Sostenible (2005-2014): un punto de inflexión necesario en la atención a la situación del planeta. Revista Iberoamericana de Educación. Número 40, p. 125-178.
- Gil Pérez, D. (1993) Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. Enseñanza de las ciências, 11 (2), p.197-212.
- Girotti A. W. (1985) Mechanisms of lipid peroxidation. J. Free Radic Biol Med 2: 87-95.
- Gomez M. P., Segura J. (1995) Axillary shoot proliferation in cultures of explants from mature *Juniperus oxycedrus* trees. - Tree Physiol. 15, p. 625-628.
- Gomez M. P., Segura J. (1996) Morphogenesis in leaf and single-cell cultures of mature *Juniperus oxycedrus*. - Tree Physiol. 16, p 681-686.
- Gonçalves M. E. (2002) Imagens públicas da Ciência e Confiança nas Instituições: os casos de Foz Côa e da Co-incineração In Maria Eduarda Gonçalves Os portugueses e a ciência. Cap. 7.. Editora Dom Quixote. Observatório das ciências e das tecnologias p. 157-197
- Gonçalves S., Correia P.J., Martins-Loução M.A., Romano A. (2005) A new medium for *in vitro* rooting of carob tree based on leaf macronutrients concentrations. - Biol. Plant. 49, p. 277-280.
- Gonçalves J. A., Simões, C. M. (1991) O desenvolvimento do professor numa perspectiva de formação permanente in António Nóvoa (Coord.) e colaboradores. Dossier Actualidade, percursos de investigação, práticas de inovação, notas de leitura. Instituto de Inovação Educacional Ministério da Educação, Vol. 4, nº 1, p. 113-133
- Graebner I. T.; Souza E. M. T.; Saito C. H. (2009) Action-research and Food and Nutrition Security: A school experience mediated by conceptual graphic representation tool. International Journal of Science Education. Vol. 31, No. 6, p. 809–827
- Goldsworthy A., Feasey Rosemary (1997) "Making sense of primary science. Investigations". Stuart Ball (Rev.). The Association for Science Education (Publ.).
- Guisasola J., Morenti M. (2007) Comprenden la naturaleza de la ciencia los futuros maestros y maestras de educación primária? Revista electrónica de enseñanza de las ciências. Vol. 6, nº 2, p. 246-262.
- Gulberg A., Kellner E., Attorps I, Thorén I e Tärneberg R. (2008) Prospective teachers' initial conceptions about pupils 'understanding of science and mathematics European Journal of teacher education Vol. 31, nº 3, p. 257-278.
- Gunstone R. F., Mitchell I. J. (2000) Metacognição e mudança conceptual In Mintzes J. J. Wandersee J.H. Novak J. D. Ensinando ciência para a compreensão. Capítulo 5. Edições Técnicas Plátano. 1ª Edição.

H

- Halliwell B, Gutteridge J. M. C. (1999) Free Radicals in Biology and Medicine. 3rd ed. Oxford University Press, New York.
- Haney J. J., Czerniak C. M. e Lumpe A. T. (1996) Teacher beliefs and intentions regarding the implementation of science education reform strands. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol 33., nº 9, p.971-993
- Harms, U. (2002) Biotechnology education in schools. *Electronic Journal of Biotechnology*, vol. 5, no. 3 Available from Internet: <http://www.ejbiotechnology.info/content/vol5/issue3/teaching/01/index.html> [Acedido 03/06/06]
- Hartman H.T., Kester D.E., Davies F.T. (ed.) (1990) Plant Propagation: Principles and Practices. - Prentice Hall International, Englewood Cliffs.
- Hartman H. T., Kester D. E., Davies F.T., Geneve R. L. (1997) Plant propagation: principles and practices. 6th Ed. Exegetics Ltd. Edition. p. 770.
- Hartman H.T., Kester D.E., Davies F.T., Geneve R. L. (eds.) (1999) Plant Propagation: Principles and Practices. - Prentice Hall International, Englewood Cliffs.
- Hashimoto H., Kura-Hotta M., Katoh S. (1989) Changes in protein content and in the structure and number of chloroplasts during leaf senescence in rice seedlings *Plant and Physiology* 30, p. 707-715.
- Hernandez L. E., Cooke D. T. (1997) Modifications of root plasma membrane lipid composition of cadmium treated *Pisum sativum* J. Exp. Bot 48, p. 1375-1381.
- Hofstein A. e Lunetta V. N. (2003) The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century. *Science Education* 88, p. 28-54.
- Hu C. Y., Wang P. J. (1983) Meristem, shoot tip and bud culture. Pp. 177-227. In: Evans,D.A. Sharp,W.P. Ammirato, P.V. & Yamada, Y. (eds.) Handbook of plant cell culture. Vol 1 Techniques for propagation and breeding. Macmillan publishing Company. New York.
- Huang J. W., Cunningham S. D. (1996) Lead phytoextraction: species variation in lead uptake and translocation *New Phytologist*, 134, 75-84
- Hunter B. A. Johnson M. S., Thompson, D. J. (1987) Ecotoxicology of copper and cadmiun in acontaminated gassland ecosystem. I. Soil and vegetation contamination. *Journal of applied ecology*. 24, p. 573-586.

I

- ISO (1995) Soil quality-Determination of the effects of pollutants on soil flora-Part 2: Effects of chemicals on the emergence of higher plants. ISO - International Organization for standardization. Genève, ISO 11269-2: 7 pp.

J

- Jiménez M. R., Petrucci D. (2004) La innovación sistemática: un análisis contínuo de la práctica docente universitária de ciencias. Investigación en la Escuela nº 52, p.79-89.
- Johnson MS, Eaton JW (1980) Environmental contamination through residual trace metal dispersal from a derelict lead-zinc mine. Journal Environmental Quality 9, p.175-179.
- Jones M. G. e Carter G. (2007) Chapter 35 - Science teacher attitudes and beliefs *in* Sandra K. Abell e Norman G. Lederman Handbook of research in science education. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers. p. 1067-1104
- Jones L. H. P., Clement C. R., Hopper M. J. (1973) Lead uptake from solution by perennial ryegrass and its transport from roots to shoots. Plant Soil 38, p. 403-414.
- Jones D. L., Kochian L. V. (1997) Aluminum interaction with plasma membrane lipids and enzyme metal binding sites and its potential role in Al cytotoxicity FEBS Letters, 400 (1), p. 51-57.

K

- Kappus H (1985) Lipid peroxidation mechanisms, analysis enzymology and biological relevance. In: Sies H (ed) Oxidative stress. Academic press, London, p. 273-310.
- Keys C. W., Bryan L. A. (2001) Co-constructing inquiry-based science with teachers:essential research for lasting reform. Journal Research of Science Teaching. Vol. 38, nº 6, p. 631-645.
- Kind V. e Taber K. (2005) Science. Teaching school subjects. Routledge
- Kura-Hotta M., Satoh K., Katoh S. (1987) Relationship between photosynthesis and chlorophyll content during leaf senescence of rice seedlings. Plant and Cell Physiology 28:7, p. 1321-1329.

L

- Lazawowitz R. (2007) High school biology curricula development: implementation, teaching and evaluation from the twentieth to the twenty-first century. In Sandra K. Abell e Norman G. Lederman Handbook of research in science education. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers. Chapter 20. p. 561- 598
- Leach J., Millar R., Ryder J., Séré M-G., Hammelev D., Niedderer H., Tselfes V. (1998) Working paper 4. Survey 2: Students "images of science" as they related to laboratory learning. in European Commission (EC) Working papers of the project "Labwork in science education" Project: PL 95-2005 <http://www.cordis.lu/>. (Acedido em 03/11/06)

- Lederman, N.G. (2007) Nature of science: past, present, and future In Sandra K. Abell e Norman G. Lederman. Handbook of research in science education. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers. Chapter 28, p. 831-879
- Lederman N. G. (1992) Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. Journal of Research in Science Teaching, New York, v. 29, nº 4, p. 331- 359.
- Leite L. (2000) As actividades laboratoriais e a avaliação das aprendizagens dos alunos in Manuel Sequeira, Luis Dourado, Maria Teresa Vilaça, José Luís Silva, Ana Sofia Afonso e João Manuel Baptista (Orgs.). Trabalho prático e experimental na educação em ciências. Departamento de Metodologias da Educação. Instituto de Educação e Psicologia. Universidade do Minho. p. 91-108
- Lemke J. L. (2001) Articulating communities: sociocultural perspectives on science education. Journal of Research in Science Teaching. Vol. 38, nº 3, p. 296-316.
- Leung D. W. M. (2008) Plant biotechnology helps quest for sustainability: With emphasis on climate change and endangered plants. Forum on Public Policy
- Lin J-N, Kao C. (1998) Water stress, ammonium and leaf senescence in detached rice leaves. Plant Growth Regulation 28, 165–169.
- Lopes M. L. C. M. V. (2003) Ensinar química para aprendizagens significativas e relevantes. Universidade de Coimbra. Dissertação de mestrado.
- Lopes A. (2004) O estado da investigação portuguesa no domínio do desenvolvimento profissional e (re)construções identitárias dos professores: missão (im)possível. Revista Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação. Investigar em Educação. Junho Nº 3. p. 59-127.
- Lopes A., Sá M. J., Ribeiro A. e Machado G. (2006) Formação inicial e identidades profissionais de base de professores do 1º CEB nos últimos trinta anos. Revista da Educação. Vol. XIV, nº 2, p. 5-32.
- Loureiro S., Santos C., Pinto G., Costa A., Monteiro M., Nogueira J. A. (2006) Toxicity assessment of two soils from jales mines (Portugal) using plants: growth and biochemical parameters. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 50, p. 182-190.
- Loureiro J., Capelo A., Brito G., Rodriguez E., Silva S., Pinto G., Santos C. (2007) Micropropagation of *Juniperus phoenicea* L. adult plants and ploidy stability analyses in micropropagated plants using flow cytometry. Biologia Plantarum 51(1), p. 7-14.
- Luna C. M., Gonzalez V. S., Tripi V. S. (1994) Oxidative damage caused by excess copper in oat leaves. Plant cell Physiol 35, p. 11-15.

M

- Manassero Mas M. A., Vázquez Alonso, Á. e Acevedo Díaz, J. A. (2004) Evaluación de las actitudes del profesorado respecto a los temas CTS: nuevos avances metodológicos. *Enseñanza de las ciências*, 22(2), p. 299-312.
- Martins E. C. (1991) A formação permanente dos professores dentro do sistema educativo in António Nóvoa (Coord.) e colaboradores. Dossier Actualidade, percursos de investigação, práticas de inovação, notas de leitura. Instituto de Inovação Educacional Ministério da Educação, Vol. 4, nº 1, p. 113-133
- Martins I. P., Veiga M. L. (1999) “Uma análise do currículo da escolaridade básica na perspectiva da educação em ciências” Instituto de Inovação Educacional.
- Martins I. P. (2003) Literacia científica e contributos do ensino formal para a compreensão pública da ciência. Lição apresentada para provas de agregação em educação. Universidade de Aveiro
- Martins I; Paixão F., Vieira R., Caamaño A. e Membiela P. (2004a) III Seminário Ibérico CTS no ensino das ciências. Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na inovação da educação em ciência (resumo final) *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciências*, Vol. 1, nº 3, p. 247-249.
- Martins I, Nascimento T. G., Abreu T. B. (2004b) Clonagem na sala de aula: um exemplo do uso didático de um texto de divulgação científica. *Investigações em Ensino de Ciências*. Vol. 9(1), p. 95-111
- Marvalee W. (2000) Integrative biology: philosophy and relevance to education. Proceedings of the International Symposium "BioEd 2000" - *The Challenge of the next Century* (Closing Session) IUBS-CBE Orgs. (The International Union of Biological Sciences Commission for Biological Education) 18 May 2000 in <http://www.iubs.org/cbe/pdf/unesco.pdf> (Acedido 04/03/06).
- Matsuura K. (2000) The Address of UNESCO. Proceedings of the International Symposium "BioEd 2000" - *The Challenge of the next Century* (Closing Session) IUBS-CBE Orgs. (The International Union of Biological Sciences Commission for Biological Education) 18 May 2000 in <http://www.iubs.org/cbe/pdf/unesco.pdf> (Acedido 04/03/06).
- McComas (2005) “The nature of science. What every teacher needs to know about from how science functions”. The Chemical Heritage foundation, LISE 5. <http://www.scienceeducation.org> (Acedido 04/03/06).
- ME, 2007. <http://trabalho.prático://www.gave.min-edu.pt/np3/156.html> [Acedido 10/06/06]
- Meichtry Y. (1998) “Consensus about the nature of science: implications for a preservice elementary science. Methods course”. <http://garnet.acsn.fsu.edu/~ndavis/SCE5140/download/meichtry.html> (Acedido 04/03/06).
- Mellado Jiménez V. (2003) Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. *Enseñanza de las ciências*, Investigación didáctica. 21(3) p. 343-358.

- Melo A. F. (2007) *Interacção entre contextos formais e não formais no ensino e aprendizagem de ciências naturais*. (Dissertação de mestrado). Coimbra. Universidade de Coimbra
- Mendes H. (2002) Capítulo 1 – Visibilidade da ciência nos *mass media*: A tematização da ciência nos jornais Público, Correio da Manhã e Expresso (1990 e 1997) p. 31- 78 in Maria Eduarda Gonçalves (Org.) e outros. *Os Portugueses e a Ciência*. Dom Quixote OCT – observatório das ciências e da Tecnologia.
- Membiela P. (1995) Ciencia tecnologia-socieda en la ensenaza-aprendizaje de las ciencias experimentales. *Alambique Didáctica de las ciencias experimentales*, nº 3, p. 7-11
- Membiela P. (1997) Una revisión del movimiento educativo Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(1), 51-57.
- Membiela, P. (2002) Las temáticas transversales en la alfabetización científica. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*. nº 32, p. 17-23.
- Miguéns M., Serra P., Simões H., Roldão M C (1996) *Dimensões formativas de disciplinas do ensino básico. Ciências da natureza*. Instituto de Inovação Educacional. Ministério da Educação. 1ª Edição.
- Miguéns M. (1999) O trabalho prático e o ensino das investigações na educação básica. In: CNE (Ed.) *Actas do seminário realizado em Maio de 1999. Ensino experimental e construção de saberes. Seminários e colóquios*. 1ª edição. Lisboa.
- Miguéns M., Serra P. (2000) O trabalho prático na educação básica: a realidade, o desejável e o possível. in Manuel Sequeira e outros (Orgs.) (2000) *Trabalho prático e experimental na educação em ciências*. Departamento de Metodologias da Educação. Instituto de Educação e Psicologia. Universidade do Minho. p. 555-576
- Millar R., Le Maréchal J-F, Buty C. (1998) Working paper 1. A map of the variety of labwork. in European Commission (EC) Working papers of the project “Labwork in science education” Project: PL 95-2005 arquivo <http://www.physik.uni-bremen.de/physics.education/aufschneider/abstract/eupaper6.pdf>. (Acedido em 03/11/06)
- Mirovitskaya e Ascher, 2001 *Guide to sustainable development and environmental policy*. Duke University Press
- Monteiro M. S., Santos C., Soares A. M. V. M., Mann R. M. (2009) Assessment of biomarkers of cadmium stress in lettuce. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 72,3, p. 811-88
- Morais A.M. e Neves I P (2007) Fazer investigação usando uma abordagem metodológica mista. *Revista portuguesa de educação*, 20(2), p. 75-104.
- Monteiro M. (1995) Intercâmbios e visitas de estudo In Carvalho A. e outros (Org.) *Novas metodologias em educação*. Colecção Educação 8. Porto: Porto Editora. p. 173-226
- Montgomery B. L. (2003) Issues in biotechnology teaching - Teaching the principles of biotechnology transfer: A service-learning approach. p. 1. <http://www.scielo.cl/pdf/ejb/v6n1/a04.pdf> (Acedido 06/05/08)

- Moustakas M., Lanaras T., Symeonidis L., Karataglis S. (1997) Growth and some photosynthetic characteristics of field grown *Avena sativa* under copper and lead stress. *Photosynthetica* 30, p. 389-396.
- Munby H., Cunningham M e Lock C. (2000) School science culture: a case study of barriers to developing professional Knowledge. *Science teacher education. Science Education* 84, p.193-211.
- Mulholand J., Wallace J. (2003a) Crossing borders: learning and teaching primary science in the pre-service to in-service transition. *Science Education*, Vol. 25, nº 7, p. 879-898.
- Mulholand J., Wallace J. (2003b) Strength, sharing and service: restorying and the legitimization of research texts. *British Educational Research Journal*, vol. 29, nº1, p. 5-23.
- Murashige T. (1974) Plant propagation through tissue culture. *Ann Rev. Plant physiology* 25: 135-166.
- Murashige T., Skoog F. (1962) A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. - *Physiol. Plant.* 15: 473-&.
- Murphy A., Taiz L. (1997) Correlation between potassium efflux and copper sensitivity in 10 arabidopsis ecotypes. *New Phytologist*. 136, p. 1-222.

N

- Nascimento M. A. V. (2007) Dimensões da identidade profissional docente na formação inicial. *Revista portuguesa de pedagogia*, Ano 41-2, p. 207-217
- Novak J. D. e Gowin D. B. (1984) Aprender a aprender. Coleção Plátano Universitária. Edições técnicas. 2ª edição.
- Nunes J. (2001) O professor e a acção reflexiva. Portfolios, "Vês" heurísticos e mapas de conceitos como estratégias de desenvolvimento profissional. ASA Editores

O

- Obroucheva NV, Bystrova EI, Ivanov VB, Anupova O. V., Seregin IV (1998) Root growth responses to lead in young maize seedlings. *Plant Soil* 200, p. 55-61.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) (1999) Measuring student Knowledge and skills A New Framework for Assessment. OECD Publications
- OECD (2003 draft version) Terrestrial plant test: seedling emergence and seedling growth test. OECD, Paris, p. 208:6.
- OECD (2009) PISA 2006 Technical report. OECD Publications
- Oliveira M. M. (Agosto de 2000) Aplicações e Avanços na Área da Biotecnologia Vegetal, *Boletim de biotecnologia*. N.º 66, p. 22-27

- Ortiz P.L., Arista M., Talavera S. (1998) Low reproductive success in two subspecies of *Juniperus oxycedrus* L. - International Journal of Plant Science 159, p. 843-847.

P

- Pedrinaci E. (2006) Ciências para el mundo contemporâneo: una matéria para la participación ciudadana? Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales nº 49, p. 9-19.
- Pedrosa, M. A. (2000a) Ensino das ciências e trabalhos práticos – (Re)conceptualizar..., Ministério da Educação (Ed.) Repensar o ensino das ciências - Ensino Experimental das Ciências. Departamento do Ensino Secundário. Lisboa. p. 19-33
- Pedrosa M. A. (2000b) Mudanças de práticas de ensino das ciências – uma reflexão epistemológica. Ministério da Educação (Ed.) Repensar o ensino das ciências - Ensino Experimental das Ciências. Departamento do Ensino Secundário, Lisboa. p. 35-59
- Pedrosa, M. A. (2000c) Planificação de Actividades Práticas de Ciências e Estruturação Conceptual, Ministério da Educação (Ed.) Materiais didácticos 1 - Ensino Experimental das Ciências. Departamento do Ensino Secundário. Lisboa. p. 21-42
- Pedrosa, M. A., Gonçalves, F., Henriques, M. H., Mendes, P. (2004). (Re)Pensando Educação Científica – Problemáticas de Lixo e Ensino das Ciências. In I. Martins, F. Paixão, R. M. Vieira (Org.). *Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciência*. III Seminário Ibérico CTS no Ensino das Ciências. Aveiro: Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa, Universidade de Aveiro. p. 109-116.
- Pedrosa M. A. e Leite L. (2004) Educação Científica, Exercício de Cidadania e Gestão Sustentável de Resíduos Domésticos – Fundamentos de Um Questionário. [Boletín das ciencias](#), Ano 17, Nº. 56, (XVII Congreso Enciga (CD-ROM)), p. 1-16
- Pedrosa M. A. e Mendes P. (2004) Formação de professores de ciências de educação para desenvolvimento sustentável – Problemas energéticos e questões globais, In Fernández Domínguez M. A., Arrastia Ávila M., Fundora Lliteras J. e Mendoza R. (Coords.) Educación e enerxia. Propostas sobre a educación enerxética e o desenvolvemento sostible. Universidade de Santiago de Compostela: Servizo de publicacións e intercambio científico. Instituto de ciencias da educación. Colección: Informes e Propostas nº 16., p. 131-142
- Pinheiro N. A. M., Silveira R. M. C. F. e Bazzo W. A. O contexto científico-tecnológico e social acerca de uma abordagem crítico-reflexiva: perspectiva e enfoque Revista Iberoamericana de Educación n.º 49/1 – 25 de Marzo de 2009 Ed. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) p.1-14
- Pinto G., Valentim H., Costa A., Castro S., Santos C. (2002) Somatic embryogenesis in leaf callus from a mature *Quercus suber* L. tree. - *In vitro* cell. Dev. Biol. Plant. 38, p. 569-572.
- Pinto G., Loureiro, J., Lopes T., Santos C. (2004) Analysis of the genetic stability of *Eucalyptus globulus* Labill. Somatic embryos by flow cytometry. – Theor. appl. Genet. 109: 580-587.

- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) (2007) Perspectivas del medio ambiente mundial GEO 4: medio ambiente para el desarrollo, (GEO por sus siglas en inglés). Primera edición PNUMA. Traducción Phoenix Design Aid
- Pozuelos E. J. e Travé G. (2004) Aprender investigando, investigar para aprender: el punto de vista de los futuros docentes. Investigación en la escuela nº 54, p. 5-25
- Pozuelos F. J. E. e Travé G. G. (2007) Las TIC y la investigación escolar actual. Monografía Enseñar y aprender investigando. Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales. nº 52. p 20-27
- Praia J. e Marques, L. (1997) Das práticas dos professores de ciências (Geologia/biologia) à mudança em torno das suas concepções de ensino. IN A. Estrela, R. Fernandes, F. A. Costa, I. Narciso, O. Valério (eds.) Actas do III Congresso da Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação, Contributos da investigação científica para a qualidade do ensino Lisboa. p. 145-154.
- Praia J. Edwards M., Gil-Perez e Vilches A. (2001) As percepções dos professores de ciências portugueses e espanhóis sobre a situação no mundo, Revista de educação, Vol. X, nº 2, p. 39-55
- Prasad M. N. V. (1997) Trace metals. In: Prasad MNV, (Ed.) Plant Ecophysiology. Wiley, New York, p. 207-249.
- Pujol R. M. (2002) Educación científica para la ciudadanía en formación. Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales, nº 32, p. 9-16

R

- Rebelo I. S. G. S. (2004) Desenvolvimento de um modelo de formação – um estudo na formação contínua de professores de química. (Dissertação de Doutoramento) Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa. Universidade de Aveiro.
- Rebelo D., Marques E. e Marques L. (2005) Formação de professores: contributo de materiais didácticos para a inovação das práticas. Enseñanza de las ciencias, Número extra. VII Congreso, p. 1-5
- Reis P., Galvão C. (2005) Controvérsias científicas. Discutir ou não discutir. Revista Educação, Vol. XIII, nº1, p. 75-105.
- Reis P., Pereira M. (1998) Discutindo o “admirável mundo novo”. Inovação 3, p. 45-59.
- Rice R., Alderson P. G., Hall J. F., Ranchhold A. (1992) Micropropagation: principles and commercial practice. Pp: 130-147. In: Fowler, M. W., Warren, G. S. & Moo-young, M. (Eds) Plant Biotechnology. Pergamon Press. Oxford.
- Rosa M. I. de F. P. S., Schnetzler R. P. (2003) A investigação-ação na formação continuada de professores de ciências *Actim Ciência & Educação*, v. 9, n. 1, p. 27-39.

- Rota G., Izquierdo J. (2003) "Comics" as a tool for teaching biotechnology in primary schools. *Electronic Journal of Biotechnology* Vol. 6 No. 2, Issues in biotechnology teaching, p. 85-89. <http://www.ejbiotechnology.info/content/vol6/issue2/issues/2> (Acedido em 04/03/06).
- Roth K. J. Chapter 39 - Science teachers as researchers. Sanda K. Abell e Norman G. Lederman *Handbook of research in science education*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers. p. 1205-1259
- Rousseau N., Saillant F. (2003) Abordagens de investigação qualitativa. Capítulo 11 *in* Marie-Fabienne Fortin (2003) *O processo de investigação. Da Concepção à realização*. Décarie éditeur. Lusociência 3ª Edição.

S

- Sá P. A. P. (2008) Educação para o desenvolvimento sustentável no 1º CEB: contributos da formação de professores. (tese de doutoramento) Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa. Universidade de Aveiro.
- Sá-Chaves I. (2000) A formação de professores numa perspectiva ecológica: que fazer com esta circunstância? *in* I. Sá-Chaves. *Estudos temáticos 1. Formação, conhecimento e supervisão. Contributos nas áreas da formação de professores e de outros profissionais*. Capítulo 3, Universidade de Aveiro. 1ª Edição. p. 43- 51
- Sá-Chaves I. e Alarcão I. (2000) O conhecimento profissional do professor: análise multidimensional usando representação fotográfica *in* I. Sá-Chaves. *Estudos temáticos 1. Formação, conhecimento e supervisão. Contributos nas áreas da formação de professores e de outros profissionais*. Capítulo 4, Universidade de Aveiro. 1ª Edição. p. 53- 67
- Sadler T. D. (2004) Informal reasoning regarding socioscientific issues: a critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol 41, nº 5, p. 513-536
- Sáez M. J., Gómez Niño A. e Carretero A. (2007) Matching society values: students' views of biotechnology. *International Journal of Science Education*, 30(2), p. 1-17.
- Salama S., Triverdi S., Busheva M., Arafa A., Garab G, Erdei L. (1994) Effects of NaCl salinity on growth, cation accumulation, chloroplast structure and function in wheat cultivars differing in salt tolerance. *Journal of Plant Physiology*, 144, 241-247.
- Sanches M. F. C. e Silva M. C. B. (1998) Aprender a ensinar: dificuldades no processo de construção do conhecimento pedagógico de conteúdo disciplinar. *Revista de educação*, Vol. VII, nº 2, p. 81-95
- Sanches M. F. C., Jacinto M. (2004) Investigação sobre o pensamento dos professores: multidimensionalidade, contributos e implicações. *Revista Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação. Investigar em Educação*. Junho Nº 3. p. 131-233
- Sandoval W. A. Reiser B. J. (2004) Explanation-driven inquiry: integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education* 88. p. 345-372

- Santos M. E. (1999) Desafios pedagógicos para o Século XXI. Suas raízes em forças de mudança de natureza científica, tecnológica e social. Coleção Biblioteca do Educador nº 139. Livros Horizonte.
- Santos C., Caldeira G. (1999) Comparative responses of *Helianthus annuus* plants and calli exposed to NaCl. I. Growth rate and osmotic regulation in intact plants and calli. Journal of Plant Physiology 155, 769–777.
- Santos C. L., Campos A., Azevedo H., Caldeira G. (2001) In situ and in vitro senescence induced by KCl stress: nutritional imbalance, lipid peroxidation and antioxidant metabolism. J. Exp Botany 52: 351-360.
- Santos M. E. (2001) A cidadania na voz dos manuais escolares. O que temos? O que queremos? Coleção Biblioteca do educador. Nº 143. Livros Horizonte. 1ª Edição.
- Santos M. C. (Julho de 2002) Trabalho experimental no ensino das ciências. Temas de investigação 23. Instituto de Inovação Educacional. Ministério da Educação. Lisboa, 1ª edição.
- Schenk R. U., Hildebrandt A. C. (1972) Medium and techniques for induction and growth of monocotyledonous and dicotyledonous plant-cell cultures. - Can. J. Bot. 50: 199-&.
- Serra J. M., Alves J. M., Mateus A. (2000) Percursos experimentais desenvolvidos durante a 3ª acção: alguns exemplos. O Ensino Experimental das Ciências. Materiais Didácticos 2. Ministério da Educação. Departamento do Ensino secundário. p. 15-35
- Shanjani P.S. (2003) Nitrogen effect on callus induction and plant regeneration of *Juniperus excelsa*. - International Journal agriculture Biology 5, p. 419-422.
- Sharma P. e Dubey R. S. (2005) Lead toxicity in plants. Brazilian Journal Plant Physiology 17(1), p. 35-52
- Schwartz, R., Lederman N. G. (2007) 'What Scientists Say: Scientists' views of nature of science and relation to science context', International Journal of Science Education, 30(6), p. 727 771
- Segovia Pérez J. (2002) Investigación educativa y formación del profesorado. Editorial Escuela española. Coleccion educacion al dia. Didáctica e pedagogia.
- Seregin I. V., Ivanov V. B. (2001) Physiological aspects of cadmium and lead toxic effects on higher plants. Russian Journal Plant Physiol, 48:523-544.
- Siedlecka A. (1995) Some aspects of interactions between heavy metals and plant minerals. Acta Societatis Botanicorum Poloniae 64, p. 265-272.
- Silva M. H., Duarte M. C. (1997) Influência da metodologia de ensino da Biologia/Geologia nas concepções de alunos/futuros professores: um estudo sobre as concepções de ciência, ensino e aprendizagem. in Albano Estrela, Rogério Fernandes, Fernando Albuquerque Costa, Isabel Narciso e Odília Valério (Org.) Actas do III Congresso da Sociedade Portuguesa de ciências de educação. Contributos da Investigação científica para a qualidade do ensino, II Volume. Sociedade portuguesa de Educação. p. 265- 273

- Sjøberg, S.(2002) la educación científica y tecnológica en europa: desafios actuales y posibles soluciones. Contacto: boletín Internacional de la Unesco de educación científica tecnológica y ambiental, Xxvii, nº 3-4,1-5
- Solbes J., Vilches A., Gil D. (2001) El enfoque CTS y la formación del profesorado. In Pedro Membiela (Ed.) Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-tecnología-sociedad. Madrid:Narcea (2001) Capítulo 11. p. 163-175.
- Solbes J., Furio C., Gavidia V., Vilches A. (2004) Algunas consideraciones sobre la incidència de la investigación educativa en la enseñanza de las ciencias Investigación en la escuela, nº 52, p.103-109.
- Solbes J, Vilches A. (2004) Papel de las relaciones entre ciência, tecnología, sociedade y ambiente en la formación ciudadana. Investigación didáctica. Enseñanza de las Ciências, 22(3), p. 337-348.
- SOT (Society of Toxicology) - <http://www.toxicology.org/AI/K12O/whyteach.asp> U.S., <http://www.toxicology.org/ai/eo/education.asp> (Acedido em 11/06/06).
- Smirnoff N. (1993) The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and dessication. New Phytologist 125, p. 27-58.
- Stobart A. K., Griffiths W.T., Ameen-Bukhari I., Sherwood R. P. (1985) The effect of Cd ²⁺ on the biosynthesis of chlorophyll in leaves of barley. Physiologia plantarum, 63, p. 293-298.
- Suárez Pazos M. (2002) Algunas reflexiones sobre la investigación-acción colaboradora en la educación. Revista electrónica de enseñanza de las ciencias. Vol. 1 nº 1.

T

- Tavares (2003) Formação e inovação no ensino superior. Coleção Cidine 15. Porto Editora
- Ting, Irving (1982) Sigmoid growth curve in pinto bean leaves._Plant Physiology. Addison-Wesley Pub].
- Triverdi S, Erdei L (1992) Effects of cadmium and lead on the accumulation of Ca²⁺ and K⁺ and on the influx and translocation of K⁺ in wheat of low and high K⁺ status. Physiol Plant. 84, p. 94-100.

U

- UE (União Europeia) (2006) Recomendação do Parlamento Europeu e do Conselho sobre as competências essenciais para a aprendizagem ao longo da vida. Journal Oficial da União Europeia (2006/962/CE)
- UN (2005) Consejo económico y social. Comisión sobre el desarrollo sostenibe. 13º período de sesiones. Tema 2 del programa provisional. E/CN.17/2005/1. 0524820. [Acedido 05/12/06]

- UN (United Nations) (2007). The Millennium Development Goals Report. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs. <http://www.un.org/millenniumgoals/pdf/mdg2007.pdf> [Acedido 28/04/08]
- UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) (2005a) UN Decade of Education for Sustainable Development. What are the key themes of ESD. http://www.unesco.org/education/tlsf/TLSF/decade/uncomESD_FS.htm [Acedido 05/12/08]
- UNESCO (2005b) UN Decade of Education for Sustainable Development. A model for enquiry learning. http://www.unesco.org/education/tlsf/TLSF/theme_d/d_mod21.htm [Acedido 05/12/08]
- UNESCO (2006). Global Monitoring Report "Literacy for life".

V

- Valério M., Bazzo W. A. (2006) O papel da divulgação científica em nossa sociedade de risco: em prol de uma nova ordem de relações entre ciência, tecnologia e sociedade. CTS+I. Revista Iberoamericana de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Innovación. Número 7 Setembro-Dezembro
- Van Zaayen A., Van Eijk C., Verluijs J. M. A. (1992) Production of high quality, healthy ornamental crops through meristem culture. Acta Botanica. Neerl. 41, p. 425-433.
- Vázquez-Alonso Á., Manassero-Mas M. A., Acevedo-Díaz J. A. e Acevedo-Romero P. (2007) Consensos sobre a natureza de la ciencia: la comunidad tecnocientífica. Revista electrónica de enseñanza de las ciências. Vol.6, nº 2, p. 331-363.
- Vázquez-Alonso Á., Manassero-Mas M. A., Acevedo-Díaz J. A. e Acevedo-Romero P. (2007) Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la ciencia y la tecnologia en la sociedad. Educación Química 18[1]. Monografia "Enseñanza de las ciências: perspectivas iberoamericanas". p. 38-55.
- Veiga M. L. (2000) O trabalho prático nos programas portugueses de ciências para a escolaridade básica. in Manuel Sequeira e outros (Orgs.) (2000) Trabalho prático e experimental na educação em ciências. Departamento de Metodologias da Educação. Instituto de Educação e Psicologia. Universidade do Minho. p. 545- 554
- Vilches A, Gil-Pérez D., Edwards M., Praia J., Vasconcelos C (2004) "A actual crise planetária. Uma dimensão esquecida na educação em ciência". Revista Educação, Vol. XII, nº 2, 2004, p. 59-73.
- Vohra F. C. Changing Trends of Biology Education: Proceedings of the International Symposium "BioEd 2000" - *The Challenge of the next Century* (Closing Session) IUBS-CBE Orgs. (The International Union of Biological Sciences Commission for Biological Education) 18 May 2000 in <http://intl.concord.org/cbe/papers/trends.html>. (Acedido, 04/03/06).

W

- Wagner D. (2005) Monitoring and measuring literacy. Paper commissioned for the Education for all Global monitoring Report 2006. Literacy for life. UNESCO 2006/ED/EFA/MRT/PI/100. p. 26
- Wagner A. M., Mexal J. G., Harrington J. T., Fisher J. T. (1994) Progress report on propagation of *Juniperus* for conservation plantings. In: Combined Meeting of the Northeast Area and Intermountain Forest Nursery Associations. St. Louis. p. 124-130.
- Wandersee J. H. e Roach L. M. (2000) Vinhetas históricas interactivas. In Joel J. Mintzes, James H. Wandersee e Joseph D. Novak. Ensinando ciência para a compreensão. Uma visão construtivista. 1ª Edição. Plátano Edições Técnicas.
- Wang W. (1987) Root elongation method for toxicity testing of organic and inorganic pollutants, Environmental Toxicology and Chemistry, Vol. 6, p. 623-633.
- Watson J. R. Diseño y realización de investigaciones en las clases de ciencias. Alambique didáctica de las ciencias experimentales, nº 2, p. 57-65.
- White G, Russel T. e Gunstone R. F. (2002) Chapter 16 - Curriculum change. in John Wallace & William Loudon (Ed.) Dilemmas of science teaching: perspectives on problems of practice. Taylor & Francis group. p. 231-244.
- Williams C. G. e Byram T. D. (2001) Forestry's Third Revolution: Integrating Biotechnology into *Pinus taeda* L. Breeding Programs Volume 25, Number 3, 1 August, [Society of American Foresters](#) p.116-121

Y

- Yin Y., Vanides J., Ruiz-Primo, Ayala C.C., Shavelson R. J. (2005) Comparison of two concept-mapping techniques: implications for scoring, interpretation, and use. Journal of. Research in Science Teaching Vol. 42, nº 2, p. 166-184.
- Yang Y-Y, Jung J-Y, Song W-Y, Suh H. S., Lee Y (2000) Identification of rice varieties with high tolerance or sensitivity to lead and characterization of the mechanism of tolerance. Plant Physiology 124, p. 019-1026.
- Younés T. (2000) Biological education: challenges of the 21st century, p. 3 Proceedings of the International Symposium "BioEd 2000" - *The Challenge of the next Century* (Closing Session) IUBS-CBE Orgs. (The International Union of Biological Sciences Commission for Biological Education) 18 May 2000 in <http://www.iubs.org/cbe/pdf/unesco.pdf> (Acedido 04/03/06).

Z

- Zar (1996) Biostatistical analysis Prentice-Hall International. Inc. New Jersey.

ANEXOS

AULA Nº	SUMÁRIOS DAS AULAS DE DIDÁCTICA DAS CIÊNCIAS DA NATUREZA II
1	Apresentação, propósitos e definição de objectivos para Didáctica das Ciências
2	Diagnóstico de concepções consideradas importantes em educação em ciências (qd-pré-teste).
3	- Diagnóstico de concepções sobre empreendimentos científicos, cientistas e inter-relações que se estabelecem entre ciências e tecnologia e o papel de cada uma na sociedade (Ficha 1) Significados atribuídos a conhecimentos científicos e pedagógico-didáctico e suas inter-relações com competências profissionais (Ficha 2).
4	Reflexão sobre a NCs (Ficha 3), o "ethos" actual das ciências e produção de conhecimento científico (Ficha 4). Reflexão sobre os significados que os alunos-futuros professores atribuem a alfabetização científica. Reflexões sobre valores, mitos e estereótipos associados a ciências e ao aprender ciências (Ficha 5).
5	Continuação das reflexões sobre valores, mitos e estereótipos associados a ciências e ao aprender ciências. Entrega de uma grelha para auxiliar os alunos na pesquisa documental.
6	Reflexões e análise de concepções relativas a educação <i>em</i> ciências, <i>sobre</i> ciências e <i>pelos</i> ciências e dimensões do currículo escolar (Fichas 6 e 7).
7	Reflexão sobre inter-relações CTS em educação em ciências (Ficha 8)
8	Continuação das reflexões sobre inter-relações CTS em educação em ciências (Fichas 8 e 9) e sua inclusão, ou não, em manuais do 5º ano de escolaridade, bem como a sua discussão. Análise de alguns artigos de imprensa escrita visando ajudar os alunos-futuros a tomar consciência da relevância de inter-relações CTS em educação em ciências contribuindo, assim, para reestruturar perspectivas de ensino-aprendizagem
9	Concepção de PI – selecção de temáticas, formulação de questões orientadoras do percurso, e delineamento dos planos de investigação. Análise de documentos de apoio ao PI (Ficha 10).
10	Reflexões sobre o PI concebido. Análise de documentos de apoio ao PI.
11	Construção de mapas de conceitos (Ficha 12).
12	Continuação do desenvolvimento do PI. Construção de um Vê de Gowin (Ficha 13).
13	Reflexão e eventual reformulação dos planos de investigação. Exposição ao grupo.
14	Auto-análise sobre o PI (Ficha 14)
15	Aplicação do 1º teste de avaliação à disciplina
16	Apresentação dos objectivos para o 2º semestre de aulas. Marcação de uma visita de estudo
17	Visita de estudo aos viveiros de São Jorge
18	Promoção de reflexões sobre a visita de estudo (Ficha 15). Exposição dos PIs pelos alunos.
19	TP, TE, TL, trabalho de campo, formulação do problema e hipótese. Distinção entre variáveis independente, dependente, e controlo
20	Planeamento do TE. Análise e reflexão sobre o TE e a sua relação com a visita de estudo
21	Clarificação e partilha de ideias sobre o TE e TL a desenvolver por cada aluno – elaboração de um plano experimental

22	Implementação do TE/TL por cada aluno. Reflexão e/ou redefinição do problema, hipótese(s), variáveis independente, dependentes e controlo (Ficha 17).
23	Continuação do desenvolvimento do TE/TL
24	Discussão da importância de aceitar erros como inerentes a actividades investigativas, bem como reflexões deles decorrentes, incentivando, assim, a prossecução dos PIs. Aprofundamento de alguns conteúdos envolvidos em cada TE/TL.
25	Análise da fiabilidade de actividades investigativas, incluindo planeamento, execução e registo de dados (Ficha 18 e Ficha 19).
26	Avaliação da conformidade, ou não, do TE planeado e implementado com as linhas orientadoras apresentadas no CNEB (DEB, 2001) (Ficha 20).
27	Reflexão em grupo sobre conteúdos de toxicologia e biotecnologia vegetal envolvidos nos PIs e consulta de bibliografia para aprofundamento de alguns assuntos. Reformulação pelos alunos do mapa de conceitos e do Vê de Gowin relativo ao PI. Debate em grupo sobre aspectos específicos envolvidos em TE (Ficha 21), questionamento e debate sobre diversas modalidades de TE (Ficha 22.1.), do que se aprende com TE (Ficha 22.2.) e de formas de avaliação de TE (Ficha 22.3.)
28	Exposição pelos alunos-futuros professores do protocolo experimental reformulado.
29	Reflexão sobre características e produção de conhecimento científico (Ficha 23), bem como concepções de inter-relações entre conhecimento científico disciplinar, pedagógico-didático, aspectos de NCs, perspectivas de PI e TE e de integração de inter-relações CTS em ensino de ciências (Ficha 24).
30	Reflexão sobre concepções consideradas importantes em educação em ciências (qd-pós-teste).
31	Solicitação aos alunos-futuros professores de um relatório, por escrito, sobre a relevância do percurso de formação desenvolvido nas suas vidas profissionais futuras, em particular sobre i) os conteúdos de biologia abordados, ii) a exploração destes com os seus futuros alunos, iii) as metodologias utilizadas e iv) a utilização destas metodologias nas aulas com os seus futuros alunos. Exposição ao grupo dos relatórios escritos sobre o PI desenvolvido e discussão de ideias.
32	Aplicação do 2º teste de avaliação

QUESTIONÁRIO DE DIAGNÓSTICO

O presente questionário visa recolher informações sobre o seu modo de pensar e as suas percepções e pontos de vista sobre o Currículo Nacional do Ensino Básico (DEB, 2001). Simultaneamente, pretende-se recolher informação sobre o que pensa acerca de alguns referenciais teóricos nas reformas de educação científica recentes e/ou em curso, problemas e factores que mais contribuem para aumentar a precariedade das aprendizagens; temas que possam constituir contextos interessantes para os alunos do 2º ciclo aprenderem no âmbito de Ciências da Natureza e se estes têm um papel relevante numa educação para a cidadania, no contexto actual (do País e a nível global), e qual é a sua opinião sobre os manuais de ciências. As respostas devem, pois, reportar-se às suas vivências, seja como aluno em qualquer dos níveis de escolaridade, seja no exercício de actividade docente em ano(s) lectivo(s) anterior(es), como formando/estagiário nas suas práticas ou noutras situações, se aplicável. Estas informações, sendo muito importantes, não são para utilizar na classificação dos seus conhecimentos. Este é apenas um questionário de diagnóstico.

Na resposta às questões I.1., I.2.1. e I.3., por favor assinale com **X** a alternativa que lhe é aplicável.

I – Conhecimentos do formando

I.1. Nas reformas de educação científica recentes e/ou em curso, no nosso país como noutros, importa considerar referenciais teóricos. Como avalia neste momento o seu nível de conhecimento relativamente às designações dos referenciais que se seguem? Na escala apresentada e para cada um dos referenciais, assinale com um **X** a posição que considera que lhe é aplicável.

Referenciais	Nulo	Fraco	Razoável	Bom	Muito bom
Movimento das concepções alternativas					
Literacia científica					
Ensino CTS					
Projectos/percursos Investigativos					
Resolução de problemas					

I.2. Há problemas que preocupam os professores e influenciam a aprendizagem dos alunos.

I.2.1. Da listagem que se segue, selecione, assinalando com um **X**, os dois itens que, a seu ver, correspondem a problemas e representam os factores que mais contribuem para aumentar a precariedade das aprendizagens.

- Pouco interesse dos alunos
- Formação deficiente dos professores para implementar abordagens diferentes na sala de aula
- Pouca bibliografia acessível onde procurar informação específica, para além da informação dos manuais
- Poucos materiais didácticos complementares aos manuais escolares que ajudem à exploração de alguns conteúdos
- Escassez de tempo para planificar actividades diferentes das descritas nos manuais
- Conteúdos temáticos pouco atractivos
- Outra(s). Explícite-as _____

I.2.2. Justifique a sua resposta.

I.3. Da lista de temas que se segue, indique, assinalando com X, o(s) que considera:

i) poderem constituir contextos interessantes para os alunos do 2º ciclo aprenderem no âmbito de Ciências da Natureza – coluna A; ii) poder explorar com alunos, designadamente por julgar ter conhecimento suficiente para tal – coluna B.

	Coluna A	Coluna B
Substâncias perigosas existentes na água		
Resíduos sólidos urbanos		
Clonagem		
Recursos naturais		
Desenvolvimento sustentável		
Incêndios		
Alterações climáticas		
Outras. Indique quais		

II - Ciências da Natureza e formação para a cidadania

II.1. Considera que a exploração de temas como os referidos em **I.3**, nas aulas de Ciências da Natureza do 2º ciclo, terá papel relevante numa educação para a cidadania, no contexto actual (do País e a nível global)?

II.2. Explique a sua resposta e indique se considera importante abordar temas novos, simplesmente seguir os manuais, ou explorar os temas abordados nos manuais mas com perspectivas diferentes.

III- conhecimento dos manuais escolares

III.1 Dado o que já conhece dos manuais de Ciências Naturais adoptados por escolas do 2º ciclo, o que mais o impressionou nos seus contactos com estes recursos? Por favor indique três aspectos positivos e três negativos e, se possível, identifique o manual ou manuais respectivos.

Referências

DEB (Departamento do Ensino Básico) (2001). *Currículo Nacional do Ensino Básico: Competências essenciais*. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Básico. <http://www.deb.min-edu.pt/fichdown/livrocompetencias/LivroCompetenciasEssenciais.pdf>

Grelha do Questionário:

Secção	Objectivos	Questões
I. Caracterização do formando	Pessoal, habilitações, a sua ocupação e tempo de serviço	1., 2., 3. 4. 5., 6., 7.1., 7.2., 7.3., 7.4., 7.5., 8.1., 8.2., 8.3.
II. Motivações, expectativas, conhecimentos, interesse dos formandos	Avaliar as motivações as expectativas dos formandos relativamente à disciplina de Didáctica das CN II Identificar os conhecimentos dos formandos sobre referenciais teóricos na Educação Científica Conhecer a percepção dos formandos sobre factores que afectam aprendizagem dos alunos Analisar o conhecimento e interesse dos formandos por temas científicos actuais	1., 2., 3. 4.1.,4.2.,5.
III. Ciências da Natureza na formação para a cidadania	Diagnosticar as concepções dos formandos sobre a relevância de explorar temas de Ciências da Natureza actuais para uma Educação para a cidadania	III.
IV. Conhecimento dos manuais escolares	Diagnosticar as concepções dos formandos sobre os manuais	IV.

FICHA 1**CIÊNCIAS, CIENTISTAS, TECNOLOGIA E SOCIEDADE**

O Questionário abaixo descrito foi elaborado a partir dos dados obtidos do “Special EUROBAROMETER 224” (EC, 2005) relativamente às atitudes dos cidadãos face ao papel das ciências, cientistas, e tecnologia na sociedade.

1- Após leitura do questionário responda apenas com **SIM** ou **NÃO** a cada uma das questões seguintes.

1. As Ciências e a Tecnologia permitirão resolver todos os problemas?
2. Graças aos avanços das Ciências, os recursos naturais da Terra não se vão esgotar?
3. Os benefícios das Ciências são maiores do que os seus eventuais efeitos negativos?
4. A investigação científica básica não é essencial?
5. As Ciências e a Tecnologia não têm um papel importante no desenvolvimento industrial?
6. Para pessoas como eu não é importante estar envolvido na tomada de decisões sobre temas de Ciências?
7. A forma de ensinar Ciências nas escolas não é suficientemente apelativa?

2- Leia e reflecta sobre os documentos:

Jornal Público Setembro de 2005 “Portugueses estão mal informados mas confiantes” [dados disponibilizados no relatório “Special EUROBAROMETER 224” (EC, 2005) pelo Jornal Público]. (**Doc. 1**)

Canavarro J. M. “O que se pensa sobre a ciência. Coleção Nova Era. Quarteto Editora. p. 156-158” (**Doc. 2**).

FICHA 2**CONHECIMENTO CIENTÍFICO, PEDAGÓGICO E PROFISSIONAL DO PROFESSOR**

Analise os documentos:

Canavarro J. M. “O que se pensa sobre a ciência. Coleção Nova Era. Quarteto Editora. p. 46-50 (**Doc.3**)

Sá Chaves I, Alarcão I (1997), Anexo I: Representação do conhecimento profissional do professor, in Idália Sá-Chaves (2000) “Estudos temáticos I. Formação, conhecimento e supervisão. Contributos nas áreas de formação de professores e de outros profissionais” Universidade de Aveiro. 1ª Edição. p. 67 (**Doc.4**)

Sá Chaves I, Alarcão I (1996) Anexo I: Conhecimento profissional do professor – Sistema de análise. (esquema adaptado dos contributos de I. Shulman (1986, 1987) e de F. Elbaz (1988) in Idália Sá-Chaves (2000) “Estudos temáticos I. Formação, conhecimento e supervisão. Contributos nas áreas de formação de professores e de outros profissionais” Universidade de Aveiro. 1ª Edição. p. 67 (**Doc.5**)

1- Após leitura e análise dos documentos, que significado atribui a cada um dos conhecimentos, como os caracteriza e como percebe a forma como se inter-relacionam no contexto da disciplina de Ciências da Natureza?

2- Compare com o que é referido no documento: Arends R. I. (1995) Capítulo I. Fundamentos científicos da arte de ensinar. in Richard I. Arends (1995) “Aprender a ensinar”. McGraw Hill. p. 11 (**Doc. 6**)

FICHA 3

CONCEPÇÕES SOBRE A NATUREZA DAS CIÊNCIAS

Analise o documento:

Wandersee, J. H.; Roach, L. M. (2000) “O que é que significa o termo natureza da Ciência”, *in* Joel J. Mintzes, James H. Wandersee e Joseph Novak. 2000 Ensinando Ciência para a compreensão. Uma visão construtivista. Capítulo 11. p. 248-252, McGraw Hill (**Doc.7**).

1- Após leitura e análise do documento, indique por palavras suas qual a sua concepção de natureza das Ciências?

FICHA 4

ETHOS DAS CIÊNCIAS CONTEMPORÂNEAS E PRODUÇÃO DE CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Analise o documento:

Santos M. Eduarda (1999) “A natureza e o *ethos* da ciência” Desafios pedagógicos para o séc. XXI. pp. 40-50. Coleção biblioteca do educador. Nº 139. Livros Horizonte (**Doc.8**).

1- Reflicta e partilhe as ideias que possui sobre a evolução do *ethos* das ciências contemporâneas e a a produção de conhecimento científico

2 - Que concepções têm de alfabetização científica?

FICHA 5**REFLEXÕES SOBRE VALORES, MITOS E ESTEREÓTIPOS DE CIÊNCIAS**

1- Reflicta sobre as seguintes afirmações, justificando a sua concordância ou não (numeração dos mitos de acordo com: Santos, M. E. V. M. Desafios pedagógicos do Séc. XXI. p. 55-71. (**Doc. 9**).

- 1.A chave mestra para abrir as portas à descoberta científica é o método científico. (mito 1)
- 2.A experimentação em ciência traduz-se em constatação e verificação. (mito 2)
- 3.O conhecimento científico é o nosso modo de conhecer o mundo e a observação científica é o nosso modo de o olhar. (mito 3)
- 4.Com a aplicação do método científico, de evidências acumuladas resulta um conhecimento objectivo, seguro. (mito 4)
- 5.A história da ciência é feita isoladamente por sábios geniais e é transparente. (mito 5)

FICHA 6**DIMENSÕES DO CURRÍCULO ESCOLAR**

1- Leia e analise o documento:

Santos, M. E. V. M. "Desafios pedagógicos do Séc. XXI", p. 15-24. (**Doc. 10**)

2 – Interligue agora as expressões da coluna A com as afirmações da coluna B:

COLUNA A		COLUNA B	
1	Dimensão conceptual do currículo	A	Educação em ciência
2	Dimensão processual do currículo (aspectos metacientíficos)	B	Educação pela ciência
3	Dimensão formativa do currículo	C	Educação sobre ciências
4	Concepção internalista de ensino	D	Ciência pura (ciência como actividade neutra)

FICHA 7

**DIMENSÃO FORMATIVA DO CURRÍCULO ESCOLAR, DAS ÁREAS CURRICULARES NÃO
DISCIPLINARES E CIÊNCIA PURA**

1- Analise o documento:

Santos M. Eduarda (2001) "Da educação sobre ciência à educação pelas ciências." A cidadania na voz dos manuais escolares. p. 91-97. Coleção biblioteca do educador. Nº 143. Livros Horizonte. (**Doc. 11**)

2- Interligue agora os termos da coluna A às afirmações da coluna B

Coluna A

Coluna B

- | | | |
|---|---|--|
| 1 | Dimensão formativa do currículo escolar | <p>A - Dão prioridade à preparação de uma nova geração de cientistas, relativamente à do cidadão comum e alheiam-se das profundas e significativas mudanças sociais influenciadas por transformações enredadas na ciência e na técnica.</p> <p>B - Se a escola não tiver como meta impedir que o aluno, enquanto cidadão, se deixe conduzir, sem reflexão nem debate, pela ciência e pela técnica, a decisão de assumir a responsabilidade de orientação da sociedade é subvertida. (limita-se a facilitar o acesso aos conceitos científicos e às descobertas tecnológicas.</p> |
| 2 | Ciência pura | <p>C - O momento actual da reforma educativa apela a uma reconceptualização do ensino das ciências, que o harmonize com o <i>ethos</i> das ciências e da tecnologia modernas.</p> |
| 3 | Dimensão formativa das áreas curriculares disciplinares | <p>D – O ensino das ciências contém virtualidades relevantes para a vida dos cidadãos</p> <p>E – Tem como meta um ensino mais humanista das ciências.</p> |

FICHA 8
CATEGORIAS DAS CIÊNCIAS CTS

1- Leia o conteúdo programático seguinte e a forma como ele é apresentado e estruturado no manual respectivo:

2 - Com base nas categorias de Aikenhead (1994) a seguir descritas, analise sob que perspectiva este manual escolar explora o conteúdo temático acima referido.

Categorias das ciências CTS (adaptado de Aikenhead G. (1994) Chapter 5: What is STS Science Teaching? In J. Solomon & G

Aikenhead STS Education: International Perspectives on reform. Teachers College Press)

Categorias	Características
1. Motivação suscitada pelo conteúdo CTS	Ciência tradicional ensinada na escola em que o conteúdo CTS é mencionado apenas com o fim de tornar o curso mais interessante. A avaliação dos alunos não tem por objectivo o conteúdo CTS.
2. “Infusão fortuita no conteúdo CTS”	À ciência tradicional ensinada na escola, junta-se um curto estudo (de ½ a 2 horas) de conteúdo CTS relacionado com um determinado assunto de ciências. Não há coesão entre os temas CTS. A avaliação dos alunos tem principalmente por objectivos o conteúdo tradicional de ciências e, de uma forma muito superficial, o conteúdo CTS. Por exemplo, 5% de conteúdo CTS e 95% de conteúdo tradicional de ciências.
3. “Infusão” planificada no conteúdo CTS	À ciência tradicional ensinada na escola, junta-se um curto estudo (de ½ a 2 horas) de conteúdo CTS integrado nos assuntos de ciências. E isto a fim de examinar sistematicamente o conteúdo CTS. Há coesão entre os temas CTS. A avaliação dos alunos em certa medida tem por objectivo a compreensão do conteúdo CTS. Por exemplo, 10% de conteúdo CTS e 95% de conteúdo tradicional de ciências.
4. Uma única disciplina através do conteúdo CTS	O conteúdo CTS torna-se o veículo para organizar o conteúdo de ciências e suas sequências. Este conteúdo é escolhido a partir de uma única disciplina de ciências. A lista de assuntos de ciência pura assemelha-se a um curso de categoria 3, mesmo que as sequências sejam bem diferentes. A avaliação dos alunos tem por objectivo a compreensão do conteúdo CTS mas de forma menos pronunciada do que a compreensão de um conteúdo tradicional de ciências: por exemplo 20% de conteúdo CTS e 80% de conteúdo tradicional de ciências.
5. Ciências enviesadas pelo conteúdo CTS	O conteúdo CTS serve de veículo para organizar o conteúdo de ciências e suas sequências. O conteúdo de ciências é multidisciplinar, como exige o conteúdo CTS. Esta lista de assuntos de ciência assemelha-se a uma selecção de assuntos científicos importantes tirados de diversos cursos tradicionais de ciências. A avaliação dos alunos tem por objectivo a compreensão do conteúdo CTS mas de forma menos aprofundada do que a do conteúdo tradicional de ciências: por exemplo 30% de conteúdo CTS e 70% de conteúdo tradicional de ciências.
6. Ciências associadas ao conteúdo CTS	O conteúdo CTS é o fim essencial do ensino. Um conteúdo pertinente de ciências enriquece esta aprendizagem. A avaliação dos alunos tem igualmente por objectivo o conteúdo CTS e o conteúdo tradicional de ciências: por exemplo 50% de conteúdo CTS e 50% de conteúdo tradicional de ciências.
7. “Infusão” das ciências no conteúdo CTS	O conteúdo CTS é o fim essencial do ensino. Um conteúdo pertinente de ciências é mencionado mas não é sistematicamente ensinado. A tónica pode ser posta nos princípios científicos gerais. (o material classificado na categoria 7 pode constituir uma “infusão” num curso tradicional de ciências enriquecendo assim um curso de ciências CTS da categoria 3). A avaliação dos alunos tem essencialmente por objecto o conteúdo CTS e, em parte, o conteúdo tradicional de ciências: por exemplo 80% de conteúdo CTS e 20% de conteúdo tradicional de ciências.
8. Conteúdo CTS	Estudo de entradas sociais ou tecnológicas importantes. O conteúdo de ciências apenas é mencionado com o fim de indicar o laço com essas entradas. (o material classificado na categoria 8 poderá constituir uma “infusão” num curso tradicional de ciências para enriquecer um curso de categoria 3). Os alunos não são avaliados de maneira apreciável sobre o conteúdo de ciência pura.

FICHA 9**EXPECTATIVAS PARA UM ENSINO DE CIÊNCIAS DO TIPO CTS**

1 - Leia e analise o documento: “Santos M. Eduarda (2001) Concepção CTS de ensino das ciências.” A cidadania na voz dos manuais escolares. Coleção biblioteca do educador. Nº 143. Livros Horizonte, p. 24-32” (**Doc. 12**).

2 - De acordo com as **expectativas** para um ensino de ciências do tipo CTS, descritas no Quadro 10 do documento “Santos M. Eduarda (1999) *Expectativas CTS. Desafios pedagógicos para o séc. XXI. p. 220-224. Coleção biblioteca do educador. Nº 139. Livros Horizonte*” (**Doc. 13**), reflita em que **expectativa** (das 9 expectativas referidas) se encaixa o conteúdo temático em análise.

3 – Comente e partilhe com os seus colegas as ideias sobre os documentos:

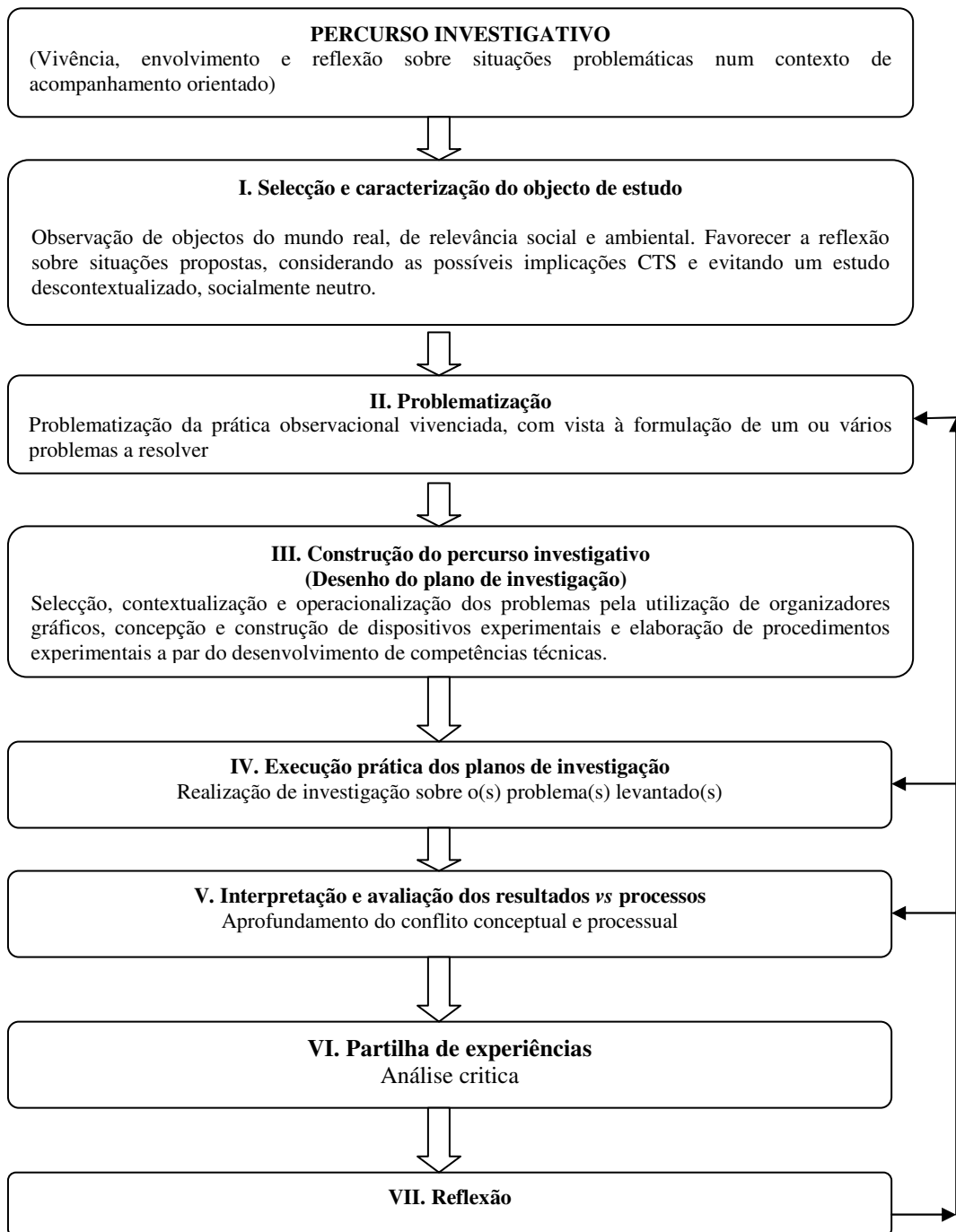
“Santos M. Eduarda (2001) Reflexão sobre os manuais de ciências como recurso curricular para uma educação CTS. A cidadania na voz dos manuais escolares. p. 137-153. Coleção biblioteca do educador. Nº 143. Livros Horizonte (**Doc. 14**)

“Mendes H. (2003) “Visibilidade da Ciência nos mass media: a tematização da ciência nos jornais Público, Correio da manhã e Expresso (1990 e 1997)” pp.44-45 e 52-55 in Maria Eduarda Gonçalves “Os portugueses e a ciência”. Publicações Dom Quixote. 1ª Edição” (**Doc. 15**)

Canário R. (Setembro de 2003) “O gosto de aprender” Artigo no Jornal de Letras (**Doc. 16**)

FICHA 10
FICHA-GUIA DE CONSTRUÇÃO DE UM PERCURSO INVESTIGATIVO (PI)

1- Reflicta sobre o processo de construção de um PI:



2- Leia o documento: "Cachapuz A. F. (1995) Orientar o ensino das ciências num perspectiva de trabalho científico in Adalberto Dias de Carvalho e outros (org.) (1995) Novas metodologias em educação. Porto Editora. P.369-385 (**Doc. 17**). para TPC.

FICHA 11**FICHA-GUIA DE APOIO À CONSTRUÇÃO DE UM PI - CONTINUAÇÃO**

- 1 - Leia e reflita sobre os documentos seguintes:

Agência Europeia do Ambiente - AEA (2004) “Sinais ambientais 2004”. Actualização da Agência Europeia sobre questões específicas. Serviço das publicações oficiais das comunidades europeias. (**Doc. 18**)

Garcia R. (2004) “Sobre a terra. Um guia para quem lê e escreve sobre a terra”. Edições Público-Comunicação Social. S A. Pp. 351-398 (**Doc. 19**).

Sampat P. (2001)“Expor a contaminação das águas subterrâneas”. In WWW (2001) “O estado do mundo 2001” Relatório anual do Worldwatch Institute em direcção a uma sociedade sustentável Publicações OZONO 1ª edição p. 31-52. (**Doc. 20**).

Freitas M. (2004) Contribuição para a elaboração de uma Estratégia Nacional de Educação para o desenvolvimento sustentável (ENEDS) Resumo executivo. Documento de trabalho. CIEDS. Departamento de metodologias da educação. Instituto de Educação e Psicologia. Universidade do Minho. Braga. Maio de 2004 (**Doc. 21**)

- 2 – Inicie a construção do seu PI. Para isso leia os documentos (**Doc. 22 e Doc. 23**) e as sugestões dadas em anexo.

CONTINUAÇÃO DA FICHA 11

PERCURSO INVESTIGATIVO

Título: _____
 Autor(a): _____



I. Objecto de estudo (caracterização da situação-problema)

Qual é: _____
 O Porquê: _____
 (relevância)



II. Problematização - Identificação dos problemas e sub(problemas)

Problema 1: _____
 Problema 2: _____
 Sub (Problemas): _____
 Sub (Problema): _____
 Outros: _____



III. Desenho do plano de investigação

Como vou solucionar os problemas? No geral:

Que práticas irei desenvolver para cada problema:

Para o problema 1:

Para o problema 2 (se houver):

Descrevo agora as etapas sequenciadas do meu plano:



II. Como se enquadra nos conteúdos programáticos do 2º ciclo – ensino básico?

Em que unidade/bloco?:

Porquê nesse bloco?: _____



CONTINUAÇÃO DA FICHA 11**IV. Execução prática do plano de investigação**

Realização da investigação:

COMO? (teórica e prática).

Indique como pretende colocar o plano em acção (materiais que vai usar e procedimentos)

—
-
-
-
-
-
-
-

**V. Interpretação e avaliação dos resultados vs processos**

Aprofundamento do conflito conceptual e processual

SUGESTÕES DE APOIO À FICHA 11

1. SELECÇÃO DO OBJECTO DE ESTUDO:

Questionar do ponto de vista científico uma realidade objectiva.

CrITÉrios na selecção, ex.: relevância social e que seja consensualmente interessante para o aluno.

2. DECOMPOSIÇÃO DO PROBLEMA EM ESTUDOS PARCELARES:

Decompor esta realidade em problemas concretos, de âmbito meramente disciplinar ou inter-disciplinar.

Seleccionar os problemas mais pertinentes em face da realidade, da sua experiência e do confronto com os problemas levantados por outros intervenientes (de outras áreas científicas ou da mesma área).

3. ELABORAÇÃO DO PROGRAMA DE TRABALHO:

Elaborar um programa de trabalho (estratégias e técnicas) que permita alcançar os objectivos anunciados.

Definir um conjunto de objectivos que, depois de cumpridos, se julga serem relevantes na resolução de problemas levantados e que contribuam para a compreensão da realidade.

Adaptar o programa de trabalho à realidade escolar envolvente.

Planeamento de actividades.

Análise, discussão e organização de todos os dados colhidos durante a semana.

LEITURA E ANÁLISE DOS SEGUINTE DOCUMENTOS DE LIVROS E SITES DE CIÊNCIAS:

Fontes A. e Silva I. R. (2004) “Estratégias para abordagem CTS” p.41-44 in Fontes A. e Silva I. R. (2004) Uma nova forma de aprender ciências: a educação em Ciência/Tecnologia/Sociedade (CTS) Colecção Guias práticos. Edições ASA. 1ª edição. (**Doc. 22**)

Fontes A. e Ribeiro I. (2004) “O Sistema educativo português e a abordagem CTS”, p. 51-63 in Fontes A. e Silva I. R. (2004) Uma nova forma de aprender ciências: a educação em Ciência/Tecnologia/Sociedade (CTS) Colecção Guias práticos. Edições ASA. 1ª Edição (**Doc. 23**)

Elisa Maia (2000) 4.1 Kits De La Motte da Série STH para análise de solos (Produzidos por LaMotte Company) in J. M. Serra Autores A. Mateus, Elisa Maia, J. Maia Alves J. M. Serra, M. Arminda Pedrosa. Julho 2000. Ensino Experimental das ciências Materiais Didácticos 1 Coordenação 1ª Edição: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário (**Doc. 24**)

Sites (Doc. 25):

http://www.globe.gov/globe_flash.html,

<http://www.toxicology.org/>,

<http://www.deq.louisiana.gov/portal/Default.aspx?tabid=2470>,

http://www.uoguelph.ca/cntc/educat/guide/guide_index.shtml

e sobre propagação crescimento, clonagem de plantas plantas dos sites:

http://www.fastplants.org/pdf/activities/growth_development.pdf

http://www.infoagro.com/semillas_viveros/semillas/biotecnologia.htm#1.%20¿QUE%20ES%20LA%20BIOTECNOLOGÍA?

http://www.saps.plantsci.cam.ac.uk/worksheets/prac_allsheet.htm

<http://www.une.edu.au/agss/hort/horticultural-science.php>

<http://www.kitchenculturekit.com/historyTC.htm>

<http://www.home.turbonet.com/kitchenculture/tcinfo.htm>

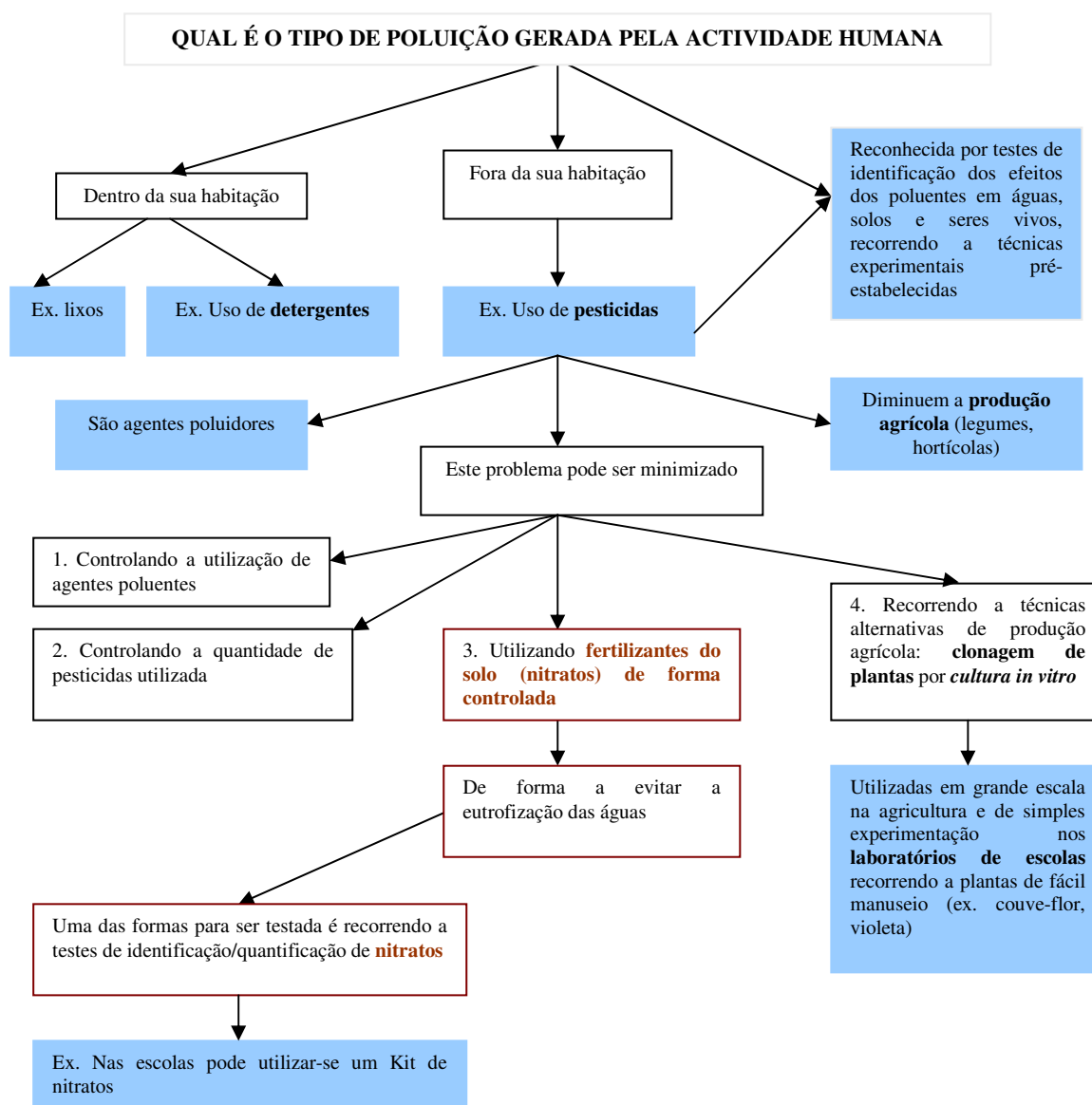
FICHA 12
ESQUEMA-GUIA DE MAPA CONCEPTUAIS

1- Analise os documentos:

Trombridge J. E. and Wandersee J. H. (1998) "Organizadores gráficos guiados pela teoria" in Joel J, Mintzes, James H. Wandersee e Joseph D. Novak Ensinando ciência para a compreensão. Uma visão construtivista. Capítulo 4. p. 100-127. Edições Plátano. (**Doc. 26**)

Novak J., e Gowin B. (1999) "Aprender a aprender" p.17-92. Plátano Edições Técnicas. 2ª Edição (**Doc. 27**).

2- Veja um exemplo da construção de um organizador gráfico no âmbito de um problema formulado:



CONTINUAÇÃO DA FICHA 12

3-Leia o seguinte texto:

“Ensinar ciências ou outra disciplina, para promover aprendizagens significativas requer, que antes de mais, se identifiquem concepções dos alunos, acerca de conceitos chave.

A elaboração do mapa de conceitos pode ter propósitos variados (Novak & Gowin, 1999) dos quais se destaca:

- a) Exploração do que os alunos já sabem
- b) Traçado de um roteiro de aprendizagem
- c) Extração de significados dos livros de texto
- d) Preparação de trabalhos escritos ou de exposições orais
- e) Extração do significado de trabalho de laboratório e/ou de campo

Para isso, ao elaborar o seu mapa de conceitos deve seguir as seguintes regras:

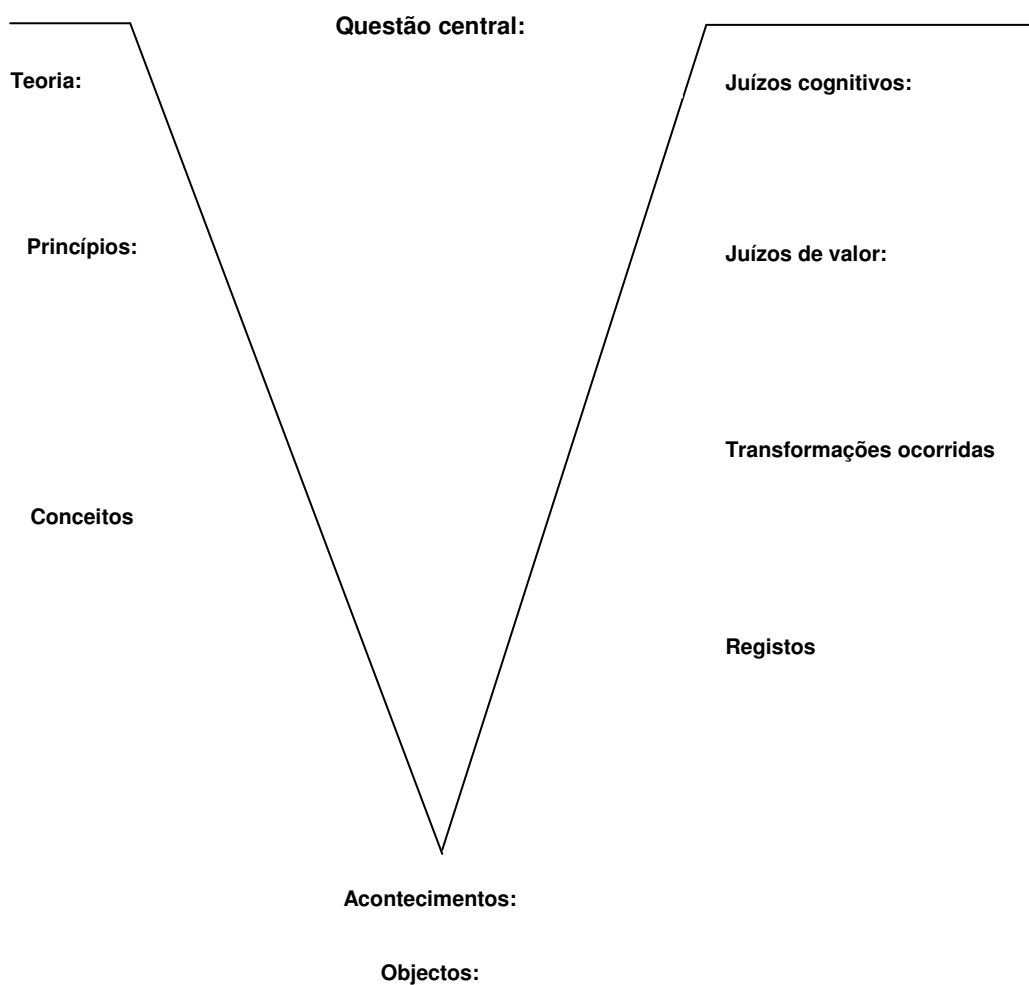
- Escolher o tema
- Anotar os principais termos ou conceitos acerca do tema
- Identificar os conceitos mais gerais, os intermédios e os específicos
- Começar a construir o mapa
- Localizar o conceito mais geral no topo
- Contornar cada conceito com um círculo (oval ou rectângulo)
- Colocar os conceitos intermédios abaixo do geral e os específicos abaixo dos intermédios
- Traçar as linhas de ligação entre os conceitos
- Etiquetar as linhas de ligação com as proposições (palavras de ligação) para indicar como os conceitos estão interligados
- Usar setas para mostrar relações de causa efeito
- Os exemplos finais não precisam de ser circundados por círculos

3.1. Elabore agora o seu mapa de conceitos a partir do problema que formulou.

FICHA 13**ESQUEMA-GUIA DE CONSTRUÇÃO DE UM VÊ DE GOWIN**

Os vês de Gowin são uma estratégia cognitiva que conduz à apresentação da sequência dos materiais, de uma forma paralela ao conhecimento científico. Simultaneamente evidenciam que o conhecimento é construído e não descoberto.

1- Preencha o seguinte Vê de Gowin com base no PI que concebeu:



FICHA 14**FICHA DE AUTOAVALIAÇÃO INTERMÉDIA DO DESEMPENHO NO PI**

1- Leia atentamente e preencha a seguinte ficha de acordo com o seu PI concebido

		Parâmetros de reflexão sobre o vosso trabalho (respostas)					
		1	2	3	4	5	Comentários/reflexões
Nível de dificuldade da actividade investigativa a desenvolver (do nível mais baixo (1) para o nível mais elevado (5))							
Importância do tema seleccionado para si							
Relevância do tema para os alunos do 2º ciclo							
Contributos para uma aprendizagem memorística							
Contributos para uma aprendizagem significativa							
Grau de exigência da actividade experimental que vai desenvolver com os alunos							
Grau de colaboração com os alunos							
Grau de investigação (é ou não é uma actividade investigativa para si?)							
Em que perspectiva de ensino CTS se encaixa segundo as perspectivas de M:E. Santos (1999)							
Objectivos propostos com este trabalho							
Fontes bibliográficas	Livros científicos, documentos facultados na aula	Manuais da escola		Internet		Jornais, Revistas	
Utilizados na planificação da parte teórica/prática	Sim (quantos) não	sim (quantos)	Não	Sim (quantos)	Não	Sim (quantos)	Não

FICHA 15**QUESTIONÁRIO DE REFLEXÃO SOBRE A VISITA DE ESTUDO**

1 Preencha a seguinte ficha

**VISITA DE ESTUDO**

Local da visita: _____; Horas: das ____ às ____
Data: __/__/__

- O que fiquei a saber/conhecer?

Em termos de ideias, conceitos:

Em termos de materiais:

Em termos de processos:

Que contributos terá para a minha prática pedagógica de ciências?:

FICHA 16 MONTAGEM DE UM PROTOCOLO

1. Analise atentamente e preencha a seguinte ficha. Lembre-se da bibliografia que já consultou



Questões relativas ao TRABALHO PRÁTICO

1. Qual é a distinção entre os seguintes termos?

- *Trabalho prático*
- *Trabalho experimental*
- *Trabalho laboratorial*
- *Trabalho de campo*

2. Num trabalho experimental defina o que se entende por

2.1 *Problema?*

2.2. *Hipótese?*

3. Efectue a distinção entre variável independente, variável dependente e variáveis controladas.

4. O que é o controlo numa experiência. E para que é que se utiliza o controlo?

2- Leia e reflecta sobre o texto seguinte de apoio à Ficha 16

TRABALHO EXPERIMENTAL

É comum ouvir-se dizer que o trabalho experimental é importante para os alunos apreenderem de uma forma mais significativa e efectiva. No entanto, quando os professores dizem que desenvolveram uma aula prática, muitas vezes esta resume-se a uma mera demonstração ou verificação de dados, de efeitos. O tipo de aulas práticas utilizadas não leva os alunos a pensarem e a reflectirem porque se utilizou aquela técnica, estes ou aqueles materiais e se é essa mesma actividade a adequada para eles esclarecerem dúvidas e/ou reconstruírem o seu conhecimento. Sendo assim é fundamental desenvolver-se com os alunos actividades práticas construtivas e por conseguinte actividades práticas experimentais de laboratório e/ou de campo. Pois são estas que permitem melhor desenvolver o raciocínio nos alunos, o seu espírito crítico, criativo e de uma forma mais eficaz contribuir para uma mais correcta construção de conhecimento científico.

Então porquê recorrer a actividades de "indução memorística" sem reflexão na construção do próprio conhecimento? Porquê utilizar tarefas já pré-determinadas sem recorrer a actividades práticas de laboratório onde o professor deve e pode sempre auxiliar? E se o currículo do ensino básico (CNEB) (DEB, 2001) procura promover o aprender fazendo porque não promover esse Fazer, juntamente com a reflexão nesse e sobre esse mesmo fazer?

FICHA 17

DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS, DO CONTROLO, E DOS PROCEDIMENTOS A UTILIZAR NO TP EXPERIMENTAL



Na concepção da sua actividade experimental identifique bem:

1. O seu *problema*

2. A sua *hipótese* ou *hipóteses*

3. A *variável independente* e as *variáveis dependentes*

4. O *controlo*

5. O *procedimento* a utilizar durante a:

a. Actividade experimental (etapas do trabalho experimental)

b. Colheita de dados (uso de tabelas?)

c. Análise dos dados

6. Como vai apresentar o seu relatório? Através de:

a) Texto, imagens e esquemas ☐

b) Texto e imagens ☐

c) Texto ☐

d) Outra sugestão. ☐ Indique qual:

FICHA 18

FIABILIDADE DO TE DE CARIZ INVESTIGATIVO E SEU PLANEAMENTO

Tema (questão) em estudo	Possível investigação A (Descrição)	Objectivos propostos
<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>		<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Dificuldades possíveis</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	Possível investigação B (Descrição)	Objectivos propostos
		<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p><i>Dificuldades possíveis</i></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	Possível investigação C (Descrição)	Objectivos propostos
		<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p><i>Dificuldades possíveis</i></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>

- Eu certifico-me que uma actividade prática é fiável quando?

- A actividade investigativa que proponho é a:

FICHA 19**REGISTOS DE DADOS DO TE**

A minha questão de trabalho é:

Esta(s) é(são) o esboço da(s) tabela(s) onde registarei os resultados

Eu demonstro que a minha experiência é fiável utilizando

Eu utilizarei a seguinte lista de equipamento

- ---
- ---
- ---

Eu acho que vou ter os seguintes resultados

porque ...

Eu pretendo utilizar o(s) gráfico(s) de colunas, de linhas, em “queijo” porque:

Este(s) será(ão) o(s) esboços de gráfico(s) que utilizarei

CONTINUAÇÃO DA FICHA 19

Aluno: _____

Título da actividade: _____

Tipo de parâmetros avaliados			
<i>Data de registo dos dados</i>	I – Taxa de germinação	II – Taxa de crescimento das plantas (comprimento)	III – Nº folhas?, coloração? Selecciono: _____
30 de Março (Início da cultura)	Registo aqui dados iniciais importantes (nº sementes utilizadas, tipo de solo, humidade presente?, presença de luz?):		
6 de Abril	Nada foi registado (Férias de Páscoa)		
13 de Abril			
20 de Abril			
27 de Abril			
14 de Maio			
18 de Maio			
25 de Maio			

FICHA 20

TP DESENVOLVIDO E SUA RELAÇÃO COM AS ORIENTAÇÕES PROPOSTAS PELO CNEB

Data: ____/____/____
Nome

do

aluno:

1. Após leitura do documento “Currículo Nacional do Ensino básico - Competências essenciais, (DEB, 2001)” indique em que aspectos a sua actividade investigativa está em conformidade com as linhas orientadoras apresentadas no documento.

FICHA 21 (p. 1)

ASPECTOS ESPECÍFICOS ENVOLVIDOS EM TRABALHO EXPERIMENTAL

NOME DO ALUNO: _____

1. Conhecimentos sobre trabalho experimental (TE).

1.1. Cada seguinte par de afirmações refere-se a questões sobre TE. Em cada caso, por favor indique a sua opinião com base na escala apresentada.

1 Indica que se concorda totalmente com a afirmação A e 5 significa que se concorda totalmente com a afirmação B; 2 Indica concordância com A ou que esta é geralmente verdadeira; 3 Indica que se concorda com B ou que a afirmação B é geralmente verdadeira; 4. Indica que não tem nenhuma opinião fortemente formada sobre uma ou outra afirmação ou que ambas têm o seu mérito.

Afirmação A	1	2	3	4	5	Afirmação B
A elaboração de uma experiência depende da teoria subjacente ao assunto que pretendemos investigar						Uma experiência é desenhada para se observar o que depois acontece e não depende da teoria subjacente ao assunto que se pretende investigar
Para análise de dados obtidos, é perfeitamente natural utilizar diferentes perspectivas teóricas de diferentes cientistas						Para análise de dados obtidos, existe só uma perspectiva teórica que é razoável para os cientistas utilizarem
Os cientistas interpretam os dados sem ser influenciados pelos seus pressupostos teóricos prévios						Os cientistas interpretam os dados influenciados pelos seus pressupostos teóricos prévios
As teorias e ideias dos cientistas influenciam a colheita de dados da experiência						As teorias e ideias dos cientistas não influenciam na colheita de dados da experiência
Um conjunto de dados conduz sempre a uma conclusão						Diferentes conclusões podem legitimamente resultar do mesmo conjunto de dados
Os cientistas analisam os seus dados com base nas teorias e ideias que eles tinham previamente						Os cientistas analisam os seus dados sem referência às ideias e teorias que eles tinham previamente
Nunca é possível comprovar entre duas teorias qual delas é a mais plausível, pois não há dados suficientes						É sempre possível comprovar qual a teoria que é mais plausível entre duas, se os dados forem suficientes

2. Natureza dos resultados científicos**2.1. Leia as seguintes afirmações:**

Em questões de toxicidade nas plantas, o efeito tóxico de determinado poluente é directamente proporcional à dose do poluente até certo limite de concentração.

O excesso de determinados nutrientes minerais pode ser letal principalmente em plantas como as hortícolas que por sua vez, está dependente do pH do solo.

2.1.1. Cada uma destas duas afirmações é aceite por cientistas, e por isso consideram-se afirmações científicas.

Escolha uma destas afirmações e em seguida, na lista de respostas seguintes indique se concorda ou não concorda assinalando no respectivo espaço

1. concordo totalmente
2. concordo
3. não tenho opinião formada
4. não concordo
5. está em desacordo totalmente

CONTINUAÇÃO DA FICHA 21 (p. 2)

A minha afirmação que selecionei foi posta em evidência:	1	2	3	4	5
Como resultado de dados colhidos de repetidas e precisas experiências					
Como resultado de uma imaginação brilhante de um cientista					
Puramente como resultado de um pensamento teórico e matemático					
Como resultado de uma acumulação progressiva de conhecimentos ao longo do tempo					
Como resultado de argumentação lógica e de deduções					

A minha afirmação é correcta porque:	1	2	3	4	5
É baseada em dados colhidos de repetidas e precisas experiências					
É resultado de uma imaginação brilhante de um cientista					
É puramente o resultado de um pensamento teórico e matemático					
É resultado de uma acumulação progressiva de conhecimentos ao longo do tempo					
É resultado de argumentação lógica e de deduções					

3. Papel das actividades experimentais de laboratório

3.1. Na lista de respostas seguintes, indique qual é o papel de uma actividade experimental assinalando com uma cruz **X**, no respectivo espaço, o seu ponto de vista

	Concordo	Não concordo	Não tenho a certeza
A. São actividades demonstrativas de experiências anteriormente confirmadas e com resultados esperados			
B. São actividades de verificação de teorias			
C. São actividades onde se manipula materiais e equipamentos mas também se manipula ideias			
D. Permitem manipular material e equipamento, isto é saber fazer			
E. Traduz o processo de construção do conhecimento científico, isto é, traduz a natureza da ciência			
F. Permitem interligar os conceitos, anteriormente, assimilados de cada aluno, com os conceitos do colega e da restante turma			
G. Permitem desenvolver capacidades nos estudantes de interagirem intelectualmente, assim como fisicamente, envolvendo investigação com as mãos e reflexão com a cabeça			
H. Permite encorajar os alunos a colocar questões, a sugerir hipóteses, a conceber abordagens investigativas ("minds-on as well hands-on") para construir conhecimento significativo			

4. Resultados surpresa

4.1. Imagine que estava a desenvolver uma actividade experimental com os seus alunos e estes estavam distribuídos em grupo. Um dos grupos obtinha os resultados que se previam, o outro grupo aproximava-se dos resultados mas o terceiro não obtinha esses resultados, isto é os resultados eram o oposto do que se esperava.

CONTINUAÇÃO DA FICHA 21 (p. 3)

4.1.1. Como professor/a indique na lista de respostas seguintes, a sua opção para descrever o que faria em seguida

	Concordo	Não concordo	Não tenho a certeza
A. Repetia a experiência para melhor avaliar os resultados: se os estudantes tivessem mais cuidado, os resultados esperados serão mais claros			
B. Repetia a experiência mas com diferentes materiais. Se os dados colhidos fossem suficientes, os resultados esperados seriam claros			
C. Dava atenção aos resultados dos grupos onde se tinha obtido os resultados esperados e explicava aos outros grupos que por vezes existem anomalias ou erros experimentais			
D. Explicava aos estudantes os resultados esperados e utilizava esta explicação para explicar porque não se tinham obtido esses resultados no outro grupo			
E. Explicava aos estudantes que a teoria padrão subjacente aos resultados afinal estava incorrecta e que eles deviam ter em atenção os resultados não esperados			
F. Explicava aos estudantes que as conclusões obtidas com a experiência eram mais complexas do que se pensava e que a teoria padrão subjacente estava muito simplificada			

FICHA 22.1.**MODALIDADES DE TE**

22.1. Das afirmações seguintes escolha aquela que considera mais útil em termos de aquisição de competências de TE. Justifique a sua escolha

1. O Professor realiza sozinho o TE e os alunos observam
2. O professor apresenta por meios audiovisuais um TE e os alunos assistem
3. Os alunos tomam previamente decisões sobre o que fazer e depois o professor realiza o TE seleccionada
4. Os estudantes planeiam em conjunto o TE e auxiliam no registo e interpretação dos dados ("more open-ended")

FICHA 22.2.**O QUE SE APRENDE COM TE**

22.2.1. Das afirmações seguintes escolha aquela (ou aquelas) que expressa(m) o que se apreende com a modalidade de TE. Justifique a sua escolha.

Permite:

- a) Apreender novos conhecimentos de domínio científico e/ou reformular os antigos
- b) Um maior desenvolvimento de capacidades de raciocínio
- c) Maior destreza na manipulação do material e equipamento específico
- d) O desenvolvimento dos 3 pressupostos anteriores

22.2.2. Suponha que está a executar um TE com os seus alunos, e após o início da actividade, os alunos apercebem-se logo da influência da variável independente sobre as variáveis dependentes.

22.2.2.1. Conforme tinha previsto, continua a actividade até obter e registar todos os resultados ou interrompe e pára a actividade?

FICHA 22.3.**AVALIAÇÃO DE TE**

22.3. Dos ítems seguintes escolha aqueles que melhor avaliam um TE

Desenvolvimento de:

- a) capacidades de manuseamento do material desde a concepção, montagem e desenvolvimento do TE
- b) capacidades a nível procedimental e técnico
- c) capacidades de raciocínio
- d) capacidades na aprendizagem de conceitos científicos em si
- e) capacidade de partilha, de respeito e cooperação com os colegas

FICHA 23**REFLEXÕES SOBRE CONHECIMENTO CIENTÍFICO**

Nome: _____

I – Tendo em conta os seus conhecimentos previamente adquiridos:

1. Concorda que o conhecimento científico é:

1. sujeito a mudanças?
2. de base empírica?
3. subjectivo?
4. em parte produto da inferência humana?
5. em parte produto da imaginação humana?
6. em parte produto da criatividade humana?
7. sofre influências sociais e culturais?

2. Complete a seguinte frase:

“O somatório destes aspectos traduz-se e é englobado naquilo que chamamos por: _____ e que é importante um professor de início de carreira ter presente para melhor compreender, valorizar e perspectivar actividades investigativas”.

Justifique a sua resposta.

R:

FICHA 24**CONCEPÇÕES DE INTER-RELAÇÕES ENTRE CONHECIMENTO CIENTÍFICO DISCIPLINAR, PEDAGÓGICO-DIDÁCTICO, ASPECTOS DE NCS, PERSPECTIVAS DE PI E TE E DE INTEGRAÇÃO DE INTER-RELAÇÕES CTS EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

1 - Tendo em conta os conhecimentos já desenvolvidos no primeiro semestre, como interligaria as expressões a seguir descritas, utilizando para isso um simples esquema ou um organizador gráfico ou mesmo um pequeno texto?

Conhecimento de conteúdo pedagógico
Natureza da ciência
Ensino em contexto CTS
Percursos investigativos
Actividades práticas experimentais

Listagem dos artigos de investigação para auxílio na elaboração das respostas às questões presentes nas Fichas disponibilizada no **bloco 1**.

Doc.1	Jornal “Público”. Setembro de 2005. “Portugueses estão mal informados mas confiantes” (Contributos do Eurobarómetro sobre a atitude dos cidadãos face à ciência)
Doc.2	Canavarro J. M. (2000) O que se pensa sobre a ciência. Colecção Nova Era. Quarteto Editora Coimbra. p. 156-158
Doc.3	Canavarro J. M. (2000) O que se pensa sobre a ciência. Colecção Nova Era. Quarteto Editora Coimbra. p. 46-50
Doc.4	Sá Chaves I, Alarcão I (1997), Anexo I: Representação do conhecimento profissional do professor, in Idália Sá-Chaves (2000) “Estudos temáticos I. Formação, conhecimento e supervisão. Contributos nas áreas de formação de professores e de outros profissionais” Universidade de Aveiro. 1ª Edição. p. 67
Doc.5	Sá Chaves I, Alarcão I (1996) Anexo I: Conhecimento profissional do professor – Sistema de análise. (esquema adaptado dos contributos de I. Shulman (1986, 1987) e de F. Elbaz (1988) in Idália Sá-Chaves (2000) “Estudos temáticos I. Formação, conhecimento e supervisão. Contributos nas áreas de formação de professores e de outros profissionais” Universidade de Aveiro. 1ª Edição. p. 67
Doc.6	Arends R. I. (1995) Capítulo I. Fundamentos científicos da arte de ensinar. in Richard I. Arends (1995) “Aprender a ensinar”. McGraw Hill. p. 11
Doc.7	Wandersee, J. H.; Roach, L.M. (2000) “O que é que significa o termo natureza da ciência”.in Joel J. Mintzes, James H. Wandersee e Joseph D. Novak Ensinar ciência para a compreensão. Uma visão construtivista. Capítulo 11. Vinhetas Históricas interactivas p. 248-252. Edições Plátano.
Doc.8	Santos M. Eduarda (1999) “A natureza e o <i>ethos</i> da ciência” Desafios pedagógicos para o séc. XXI. p. 40-50. Colecção biblioteca do educador. Nº 139. Livros Horizonte
Doc.9	Santos M. Eduarda (1999) “Valores, mitos e estereótipos associados ao aprender “sobre” ciência.” Desafios pedagógicos para o séc. XXI. p. 55-71. Colecção biblioteca do educador. Nº 139. Livros Horizonte
Doc.10	Santos M. Eduarda (1999) “Dimensão conceptual do currículo escolar: educação em ciência e sobre ciência.” Desafios pedagógicos para o séc. XXI. p. 15-18. Colecção biblioteca do educador. Nº 139. Livros Horizonte
Doc.11	Santos M. Eduarda (2001) “Da educação sobre ciência à educação pelas ciências.” A cidadania na voz dos manuais escolares. p. 91-97. Colecção biblioteca do educador. Nº 143. Livros Horizonte
Doc. 11.2.	Pedrosa, M. A. & Moreno, M. J. S. M. (2007). Ensino Superior, Protecção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável. In Centro de Extensión Universitaria e Divulgación Ambiental de Galicia (ed). <i>I Congreso Internacional de Educación Ambiental dos Países Lusófonos e Galicia</i> (edição em CD-ROM - ISSN-13: 978-84-690-7996-6; Depósito Legal: C 2922-2007), 1-16.
Doc.12	Santos M. Eduarda (2001) “Concepção CTS de ensino das ciências.” A cidadania na voz dos manuais escolares. p. 24-32. Colecção biblioteca do educador. Nº 143. Livros Horizonte
Doc.13	Santos M. Eduarda (1999) “Expectativas CTS.” Desafios pedagógicos para o séc. XXI. pp. 220-224. Colecção biblioteca do educador. Nº 139. Livros Horizonte
Doc.14	Santos M. Eduarda (2001) “Reflexão sobre os manuais de ciências como recurso curricular para uma educação CTS.” A cidadania na voz dos manuais escolares. pp. 137-153. Colecção biblioteca do educador. Nº 143. Livros Horizonte
Doc.15	Mendes H. (2003) “Visibilidade da Ciência nos <i>mass media</i> : a tematização da ciência nos jornais Público, Correio da manhã e Expresso (1990 e 1997)” pp.44-45 e 52-55 in Maria Eduarda Gonçalves “Os portugueses e a ciência”. Publicações Dom Quixote. 1ª Edição
Doc.16	Canário R. (Setembro de 2003) “O gosto de aprender” Artigo no Jornal de Letras

Doc.17	Cachapuz A. F. (1995) "Orientar o ensino das ciências num perspectiva de trabalho científico" in Adalberto Dias de Carvalho e outros (org.) (1995) Novas metodologias em educação. Porto Editora. p.369-385
Doc.18	Agência Europeia do Ambiente - AEA (2004) "Sinais ambientais 2004". Actualização da Agência Europeia sobre questões específicas. Serviço das publicações oficiais das comunidades europeias.
Doc.19	Garcia R. (2004) "Sobre a terra. Um guia para quem lê e escreve sobre a terra". Edições Público-Comunicação Social. SA. p. 351-398.
Doc.20	Sampat P. (2001) "Expor a contaminação das águas subterrâneas". In WWW (2001) "O estado do mundo 2001" Relatório anual do Worldwatch Institute em direcção a uma sociedade sustentável Publicações OZONO 1ª edição p. 31-52
Doc.21	Freitas M. (2004) Contribuição para a elaboração de uma Estratégia Nacional de Educação para o desenvolvimento sustentável (ENEDS) Resumo executivo. Documento de trabalho. CIEDS. Departamento de metodologias da educação. Instituto de Educação e Psicologia. Universidade do Minho. Braga. Maio de 2004
Doc.22	Fontes A. e Silva I. R. (2004) "Estratégias para abordagem CTS" p.41-44 in Fontes A. e Silva I. R. (2004) Uma nova forma de aprender ciências: a educação em Ciência/Tecnologia/Sociedade (CTS) Colecção Guias práticos. Edições ASA. 1ª Edição
Doc.23	Fontes A. e Ribeiro I. (2004) "O Sistema educativo português e a abordagem CTS", p. 51-63 in Fontes A. e Silva I. R. (2004) Uma nova forma de aprender ciências: a educação em Ciência/Tecnologia/Sociedade (CTS) Colecção Guias práticos. Edições ASA. 1ª Edição.
Doc.24	Elisa Maia (2000) 4.1 Kits De La Motte da Série STH para análise de solos (Produzidos por LaMotte Company) in J. M. Serra Autores A. Mateus, Elisa Maia, J. Maia Alves J. M. Serra, M. Arminda Pedrosa. Julho 2000. Ensino Experimental das ciências Materiais Didácticos 1 Coordenação 1ª Edição: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário
Docs. 25	Documentos impressos sobre análises de águas, de solos, de ar nos sites: http://www.globe.gov/globe_flash.html , http://www.toxicology.org/ , http://www.deg.louisiana.gov/portal/Default.aspx?tabid=2470 , http://www.uoguelph.ca/cntc/educat/guide/guide_index.shtml e sobre propagação crescimento, clonagem de plantas plantas dos sites: http://www.fastplants.org/pdf/activities/growth_development.pdf http://www.infoagro.com/semillas_viveros/semillas/biotecnologia.htm#1.%20¿QUE%20ES%20LA%20BIOTECNOLOGÍA? http://www.saps.plantsci.cam.ac.uk/worksheets/prac_allsheet.htm http://www.une.edu.au/agss/hort/horticultural-science.php http://www.kitchenculturekit.com/historyTC.htm http://www.home.turbonet.com/kitchenculture/tcinfo.htm
Doc.26	Trombridge J. E. and Wandersee J. H. (1998) "Organizadores gráficos guiados pela teoria" in Joel J, Mintzes, James H. Wandersee e Joseph D Novak Ensinando ciência para a compreensão. Uma visão construtivista. Capítulo 4. p. 100-127. Edições Plátano
Doc.27	Novak J., e Gowin B. (1999) "Aprender a aprender" p.17-92. Plátano Edições Técnicas. 2ª Edição
Doc.28	Arends R. I. (1995) Fundamentos científicos da arte de ensinar. in Richard I. Arends (1995) "Aprender a ensinar". McGraw Hill. p. 525-541
Doc.29 (opcional)	Santos M. E. (2005) Percursos educativos que atravessaram o Século XX. Teorias fundadoras/Actos fundadores. p. 23- 36 in Maria Eduarda Santos Que educação? Para que cidadania? Em que escola? Tomo I. Edição Santos Edu
Doc.30 (opcional)	Valadares J. (2001) A procura de uma definição de estratégia construtivista e investigativa. Conferência proferida no encontro "O ensino das ciências no âmbito dos novos programas" 4 de Maio de 2001 Auditório da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto Online: http://www.ciencias-exp-no-sec.org/

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DOS ALUNOS-FUTUROS PROFESSORES

Características dos ALUNOS	JOÃO	INÊS	OLGA
Idade	28 anos	30 anos	53 anos
Formação anterior	Licenciado em Matemática via ensino – 3º ciclo	Ensino Secundário	Eng. Civil
Actividades paralelas	Director do centro de estudos; formador de Matemática em curso EFA; explicador de 5º a 12º ano e ensino superior		Professora de Matemática no ensino secundário em escolas públicas e em acumulação numa escola profissional aproximadamente durante 10 anos. Explicadora de Matemática dos 10º, 11º e 12º ano
Ano de inscrição no presente Curso	*	*	*
Participação na aula			
Realização dos TPC	“Com regularidade”		“Quase sempre”
Postura do aluno na aula			
Assiduidade até ao momento			
Média de curso do ano anterior	16	Não sei	12
Nota à disciplina de Didáctica de CN I no ano anterior	15		
Actividades que mais gosta	Escrever, viajar, ensinar	Aulas expositivas, interactivas	Professora (aulas interactivas)
Conteúdos programáticos de CN que mais gosta	Vida na terra ou diversidade dos animais	Diversidade dos animais	Não sei. Desconheço os conteúdos

(*) Omite-se para preservar o anonimato dos alunos-futuros professores

TABELA DE ASSIDUIDADE			
Datas de realização das aulas	Alunos		
	João	Inês	Olga
6 Outubro	Presente	Presente	Presente
13 Outubro	Presente	Presente	Faltou
20 Outubro	Presente	Faltou	Presente
27 Outubro	Faltou	Presente	Faltou
3 Outubro	Presente	Presente	Faltou
10 Novembro	Faltou	Presente	Presente
17 Novembro	Presente	Presente	Presente
24 Novembro	Presente	Presente	Presente
28 Novembro	Presente	Presente	Presente
2 Dezembro	Presente	Presente	Presente
15 Dezembro	Faltou	Faltou	Presente
5 Janeiro	Presente	Presente	Presente
13 Janeiro	Presente	Presente	Presente
9 Fev.	Presente	Faltou	Presente
16 Fev.	Presente	Presente	Faltou
23 Fev.	Presente	Presente	Presente
9 Março	Presente	Presente	Presente
16 Março	Presente	Presente	Faltou
23 Março	Presente	Presente	Faltou
30 Março	Presente	Presente	Faltou
20 Abril	Faltou	Presente	Faltou
27 Abril	Presente	Presente	Faltou
4 Maio	Presente	Presente	Faltou
11 Maio	Presente	Presente	Faltou
18 Maio	Presente	Presente	Faltou
25 Maio	Presente	Presente	Faltou
2 Junho	Presente	Presente	Faltou

DIÁRIO DE AULA
Apontamentos efectuados na aula (diálogos e reflexões dos alunos)

João

AULA ____ Data: ____

Inês

AULA ____ Data: ____

Olga

___ AULA Data _____

ESQUEMATIZAÇÃO DO PI PELA OLGA

12º ano

Aula de 15/12/05

Processo investigativo

Título: Detergentes e a sua contribuição para a poluição atmosférica: danos para a "saúde" dos cidadãos.

- 1- Os efeitos dos detergentes na água.
 - 2- Recolher e analisar o pH do solo com detergente e sem detergente.
- Alterações climáticas - alterações de habitats.

Enquadramento no currículo do 2.º ciclo:

Unidade: Hidrosfera - a prodigiosa água do planeta.

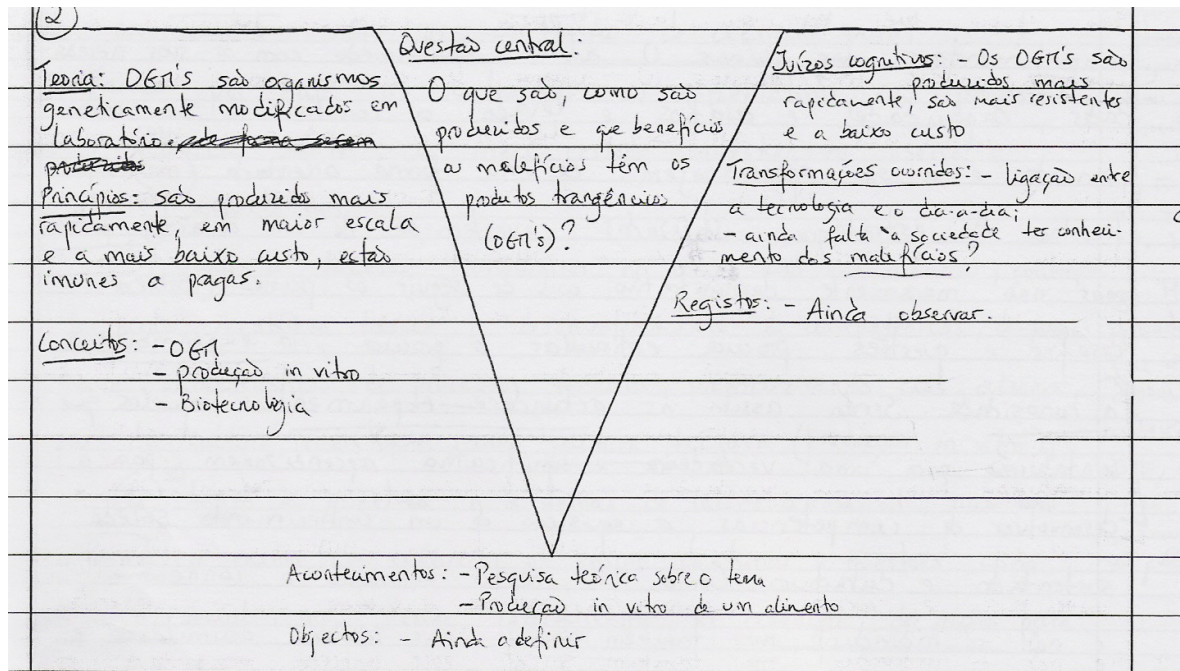
Bloco: A descoberta da água.

Conteúdo: A importância da água para os seres vivos. A educação ambiental.

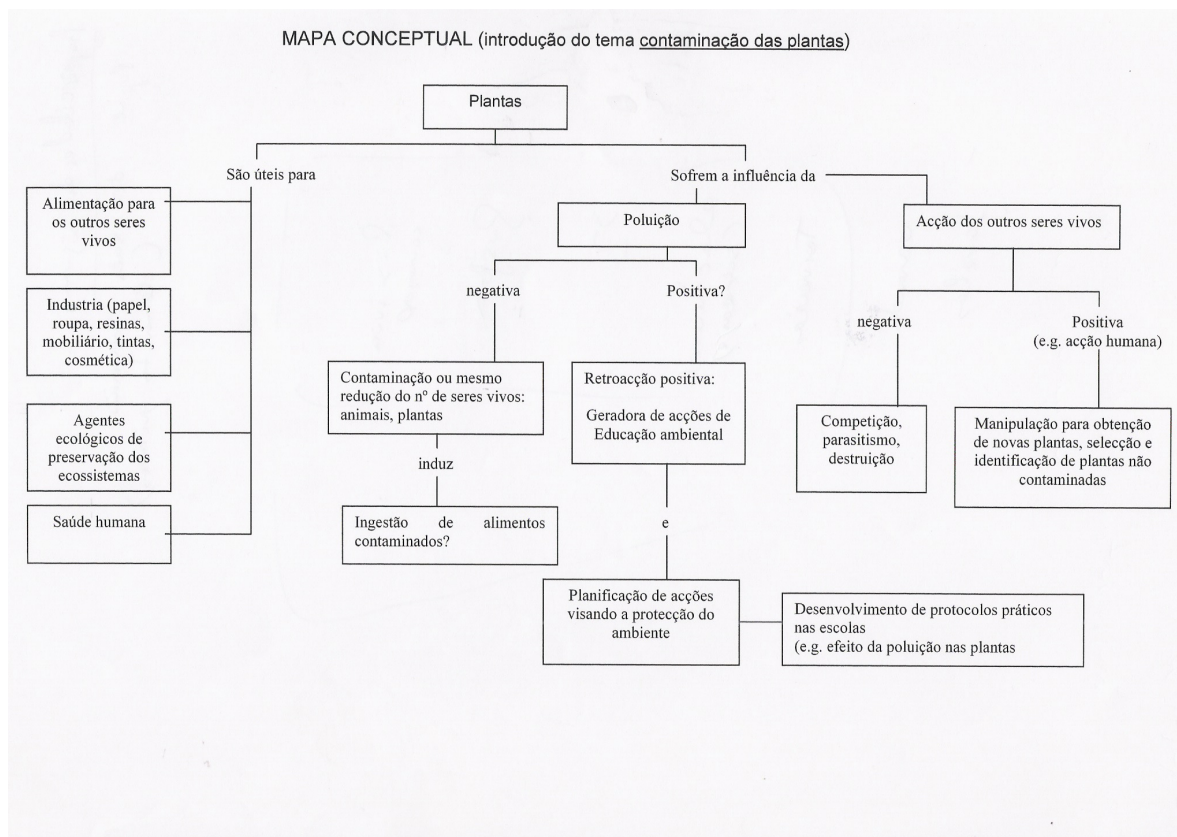
• Execução prática do plano de investigação

- 1- A utilização da água pelo homem.
- 2- Recipiente com um solo com fósforo e outro recipiente sem fósforo, e o desenvolvimento de uma planta nos dois solos.
- 3- Propriedades da água pura e da água de um chuveiro.

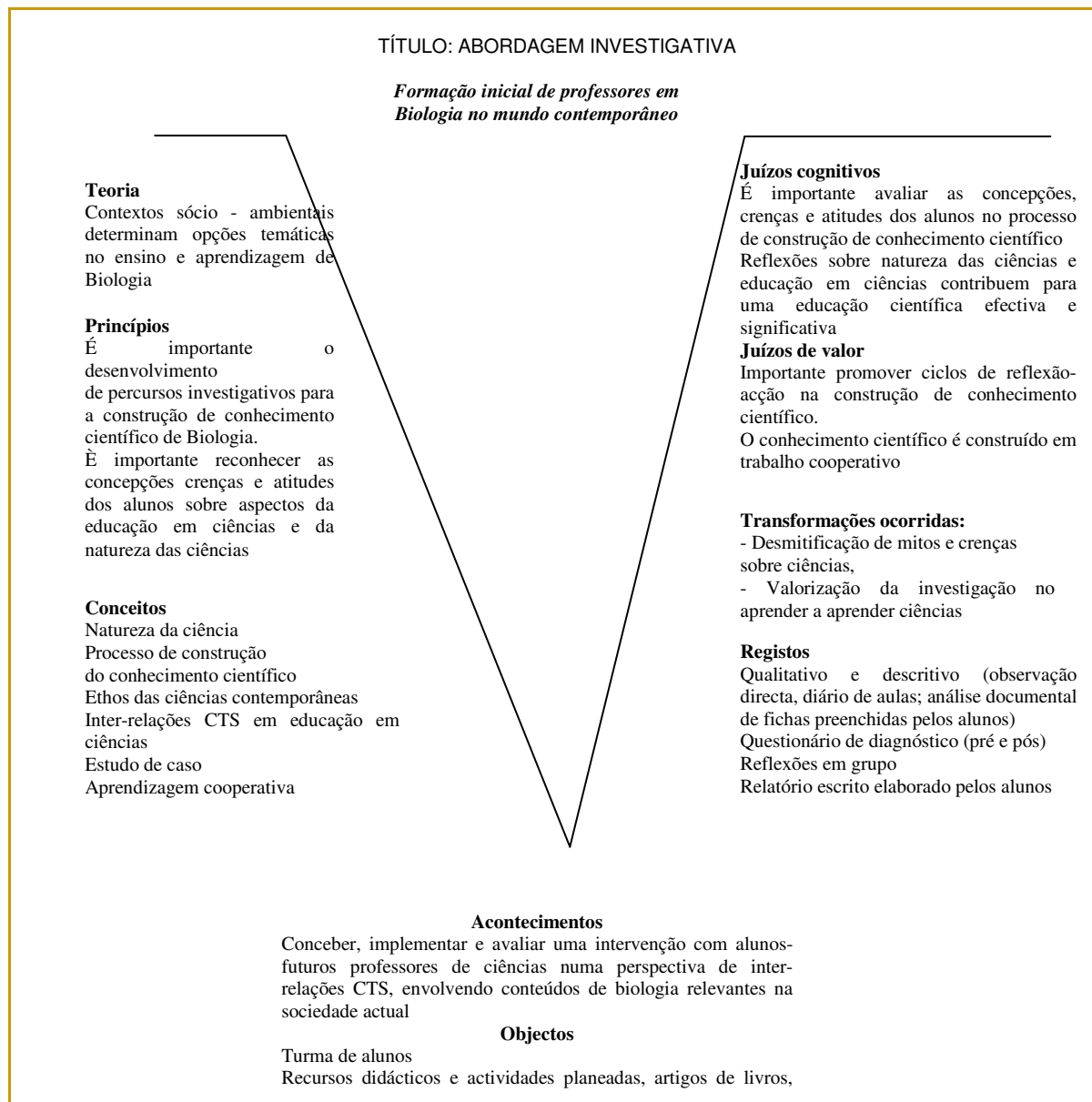
VÊ DE GOWIN DELINEADO PELO ALUNO JOÃO



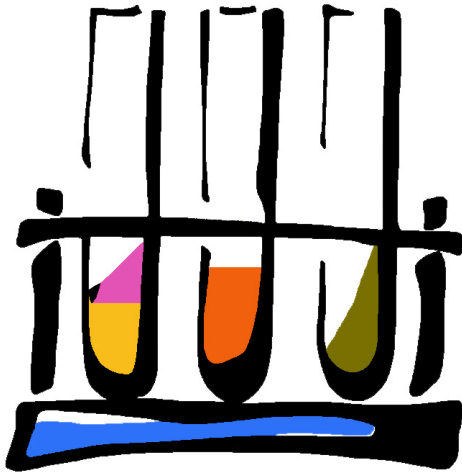
MAPA CONCEPTUAL FACULTADO PELA INVESTIGADORA-PROFESSORA



VÊ DE GOWIN FACULTADO PELA INVESTIGADORA-PROFESSORA



1º PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO PELO JOÃO (p. 1)



Clonagem “in vitro” da Violeta
: Guião de actividade :

:

1º PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO PELO JOÃO (p. 2)

Clonagem "in vitro" da Violeta

: Guião de actividade :



A multiplicação vegetativa "in vitro" ou micropropagação pode ser definida como a propagação de plantas num ambiente artificial, controlado, utilizando recipientes de cultura de plástico ou vidro, através de técnicas assépticas e num meio nutritivo definido.

A técnica geralmente consiste em retirar um fragmento de tecido vegetal, colocá-lo num meio nutritivo e provocar (graças a um equilíbrio adequado dos elementos do meio) o desenvolvimento de uma plântula. Estas operações desenrolam-se em condições estéreis e são seguidas de uma aclimatização sobre um meio tradicional.

A multiplicação "in vitro" é possível graças a uma propriedade das células vegetais designada totipotência celular, da qual resulta que toda a célula vegetal viva, possuindo um núcleo, é capaz, qualquer que seja a sua «especialização» actual, de reproduzir fielmente a planta inteira da qual provém.

A micropropagação é a técnica "in vitro" mais difundida. Actualmente, um grande número de espécies são multiplicadas, quase exclusivamente por este método. O exemplo mais típico é o de *Saintpaulia* (violeta africana).



: Objectivo da actividade :

Reproduzir *in vitro* Violetas a partir de folhas.

: Materiais :

- 1 violeta
- 1 litro de lixívia
- 1 frasco de 250 ml de álcool etílico
- 1 litro de água destilada
- 6 frascos vazios (± 400 ml)
- 2 caixas de petri
- 3 pinças
- 1 bisturi
- 1 caixa de fósforos
- 1 lamparina de álcool
- 100g de algodão
- 6 frascos vazios (± 200 ml)
- Meio de cultura
- 10 folhas de gelatina
- 20 g de açúcar
- 1 panela

: Equipamento :

- Panela de pressão
- Lâmpada de Ultra-violetas
- Terrário ou caixa de vidro
- Plástico preto de grandes dimensões
- Máscara



: Procedimentos :

Clonagem "in vitro" da Violeta



1º PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO PELO JOÃO (p. 3)

1ª Etapa (Esterilização do material)

1. Colocar os frascos todos vazios com água na panela de pressão durante 60 minutos;
2. Colocar as pinças, as caixas de petri com água na panela de pressão durante 60 minutos.

2ª Etapa (Preparação do meio de cultura)

3. Dissolver 10 folhas de gelatina em 100 ml de água quente;
4. Colocar a gelatina em 6 frascos esterilizados e fechá-los de imediato;
5. Levar os frascos ao frigorífico durante 3 horas;
6. Colocar os frascos com gelatina, em água, na panela de pressão durante 30 minutos.

3ª Etapa (Preparação do local de realização e material da experiência)

7. Colocar o terrário sobre uma mesa;
8. Colocar as pinças, os frascos vazios, as caixas de petri, a lamparina e o bisturi dentro do terrário;
9. Colocar a lâmpada de UV's dentro do terrário;
10. Cobrir todo o terrário com plástico preto de forma a nenhuma radiação pode sair para o exterior;
11. Ligar a lâmpada de UV's durante 2 horas;
12. Desligar a lâmpada de UV's, retirar o plástico preto.

4ª Etapa (Preparação do meio de cultura)

13. Juntar ao meio de cultura, a gelatina e o açúcar;
14. Distribuir o meio de cultura pelos 6 frascos.

5ª Etapa (Realização da actividade)

15. Colocar a máscara;
16. Lavar bem as mãos em água e de seguida passar por álcool;
17. Retirar do terrário 2 frascos vazios, enchendo um com 70% de álcool e outro com água destilada;
18. Dentro do terrário colocar do lado esquerdo um frasco com 70% de álcool, um frasco com água destilada, um frasco com 30% de lixívia e outro frasco com água destilada;
19. Acender a lamparina e colocá-la do lado direito;
20. Colocar uma caixa de petri de frente vazia e outra ao fundo como suporte do bisturi e das pinças;
21. Retirar uma folha da violeta;
22. Com uma pinça, passar a folha pelo frasco de ^{álcool} água destilada (2 minutos) e de seguida pelo frasco de ^{álcool} (5 minutos), no exterior;

Clonagem "in vitro" da
Violeta



1º PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO PELO JOÃO (p. 4)

(continuação)

23. Levar a folha para dentro do terrário, colocá-la sobre a caixa de petri, com o bisturi e a ajuda de uma pinça cortar pequenos quadrados com cerca de 1 cm²;
24. Passar cada pedaço de folha pelo ~~frasco de álcool~~ (5 minutos); ~~depois por~~ água (2 minutos), de seguida por lixívia (15 minutos) e novamente por água (2 minutos);
25. Colocar 3 pedaços de folha sobre a superfície sólida, em cada frasco com o meio de cultura e fechar os frascos;
26. Aguardar 3 a 4 semanas para observares os primeiros rebentos da violeta;
27. Quando tiverem cerca de 2 cm de altura, separa-os e coloca-os em vasos com terra. Depois coloca-os num local com exposição solar e vai os regando;
28. Vai observando o crescimento das novas plantas de violeta.

: Observações e Registos :



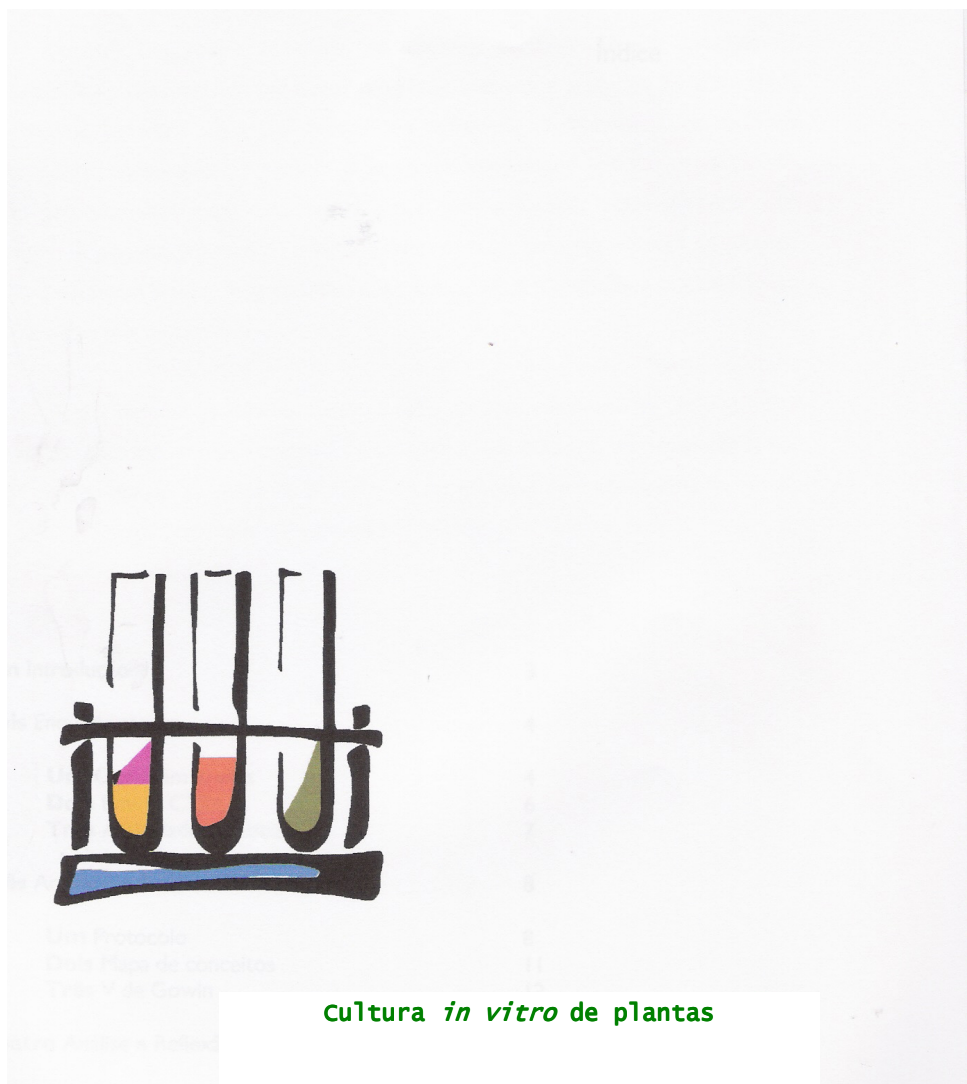


: Conselhos no procedimento:

- Os frascos a utilizar podem ser de compotas ou sumos, com tampa para poderem ser fechados e ser levados à panela de pressão;
- Todo o material deve ser bem desinfetado de forma a ficar estéril de possíveis bactérias;
- Cuidado sempre que utilizares a panela de pressão, a lamparina ou os bicos do fogão para não te queimares;
- A lamparina dentro do terrário serve sempre para desinfectares o bisturi ou a pinça que utilizares, passando por álcool e depois pela chama da lamparina;
- Sempre que tiveres dificuldades pede ajuda.

Clonagem "in vitro" da
Violeta

RELATÓRIO FINAL DO JOÃO INCLUINDO PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO (p. 1)



RELATÓRIO FINAL DO JOÃO INCLUINDO PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO (p. 2)

Índice

Um Introdução	3
Dois Enquadramento	4
Um Clonagem <i>in vitro</i>	4
Dois Ensino CTSA	6
Três Actividades práticas	7
Três Actividade Prática	8
Um Protocolo	8
Dois Mapa de conceitos	11
Três V de Gowin	12
Quatro Análise e Reflexão dos resultados	13
Cinco Bibliografia	14

RELATÓRIO FINAL DO JOÃO INCLUINDO PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO (p. 3)

Um Introdução

Durante o primeiro semestre, na disciplina de Didáctica das Ciências da Natureza II, foi desenvolvido um trabalho investigativo sobre produtos geneticamente modificados. Devido à sua impossibilidade de reproduzir no laboratório do ISCE ou numa sala de aula regular o protocolo na altura apresentado sobre a produção de milho geneticamente modificado; levou a que para a segunda etapa de todo este trabalho, se opta-se por outra técnica também utilizada para reprodução de plantas, como a clonagem *in vitro*, mais acessível a ser concebida e praticada no laboratório do ISCE e numa sala de aula.

Assim, durante as aulas foi levado a cabo o desenvolvimento de um protocolo em várias vertentes, numa perspectiva de uma actividade prática a ser desenvolvida nas aulas de Ciências da Natureza de 2º Ciclo, de acordo com uma perspectiva de ensino Ciência Tecnologia Sociedade e Ambiente (CTSA).

1. Seleção de planta mãe e preparação do explante.**1.1. Estabelecimento de uma cultura aséptica.****2. Fase de multiplicação****4. Preparação para o ambiente natural****5. Transferecia para o ambiente natural**

RELATÓRIO FINAL DO JOÃO INCLUINDO PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO (p. 4)

Dois Enquadramento**Um** Clonagem *in vitro*

A multiplicação vegetativa "in vitro" ou micropropagação pode ser definida como a propagação de plantas num ambiente artificial, controlado, utilizando recipientes de cultura de plástico ou vidro, através de técnicas assépticas e num meio nutritivo definido.

A técnica geralmente consiste em retirar um fragmento de tecido vegetal, colocá-lo num meio nutritivo e provocar (graças a um equilíbrio adequado dos elementos do meio) o desenvolvimento de uma plântula. Estas operações desenrolam-se em condições estéreis e são seguidas de uma aclimatização sobre um meio tradicional.

A multiplicação "in vitro" é possível graças a uma propriedade das células vegetais designada totipotência celular, da qual resulta que toda a célula vegetal viva, possuindo um núcleo, é capaz, qualquer que seja a sua «especialização» actual, de reproduzir fielmente a planta inteira da qual provém.

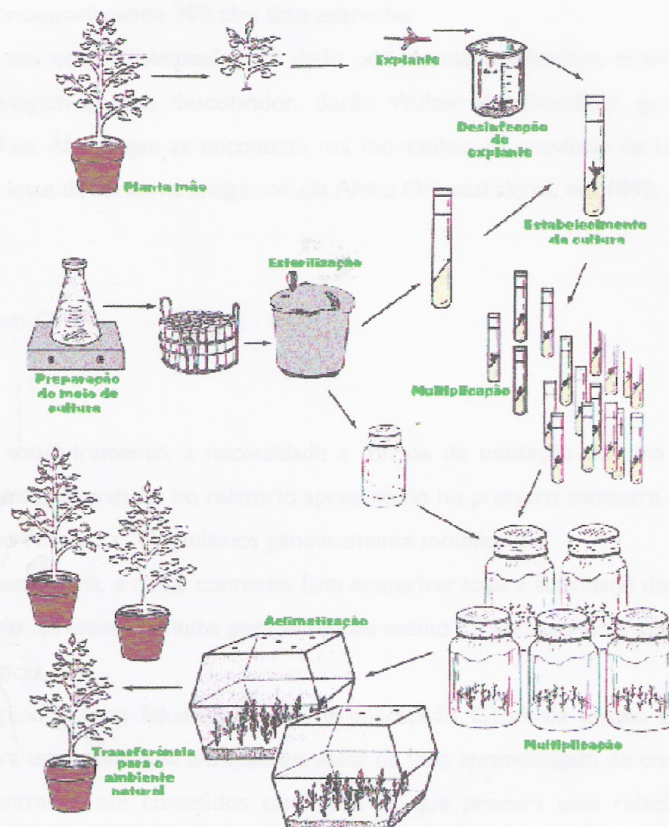
A micropropagação é a técnica "in vitro" mais difundida. Actualmente, um grande número de espécies são multiplicadas quase exclusivamente por este método. O exemplo mais típico é o de *Saintpaulia* (violeta africana).

A micropropagação engloba várias fases que podem ser designadas da seguinte forma:

1. Selecção da planta mãe e preparação do explante.
2. Estabelecimento de uma cultura asséptica.
3. Fase de multiplicação.
4. Preparação para o ambiente natural.
5. Transferência para o ambiente natural.

RELATÓRIO FINAL DO JOÃO INCLUINDO PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO (p. 5)

O esquema seguinte pretende representar, de forma simplificada, as diferentes fases deste processo.



A micropropagação de plantas apresenta muitas vantagens relativamente aos métodos tradicionais de propagação. Entre essas vantagens podem ser enumeradas as seguintes:

- ✗ Maior velocidade de propagação;
- ✗ As culturas são iniciadas por explantes de reduzidas dimensões, pelo que se consegue obter números elevados de plantas em espaços reduzidos;
- ✗ O efeito das estações do ano pode ser eliminado;
- ✗ Melhora a selecção;
- ✗ A propagação é realizada em condições assépticas;
- ✗ Salvação de espécies em vias de extinção;
- ✗ Campo de potenciais aplicações no melhoramento.

RELATÓRIO FINAL DO JOÃO INCLUINDO PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO (p. 6)

A violeta africana (*Saintpaulia ionantha wendl.*) é uma espécie florífera perene da família Gesneriaceae, que engloba 125 géneros e mais de 2.000 espécies conhecidas. Destas, aproximadamente 300 têm sido cultivadas.

O seu nome (*Saintpaulia*), foi dado por Hermann Wendlan, botânico alemão, em homenagem ao seu descobridor, Barão Walter Van SaintPaul, governador da German East África, que as encontrou nas montanhas da província de Usambra, em Tanga, no leste da África na antiga colónia Africa Oriental alemã, em 1892.

Dois Ensino CTSA

O enquadramento, a necessidade e formas de utilização de uma perspectiva CTSA foram já abordadas no relatório apresentado no primeiro semestre da disciplina no trabalho relativo a “Organismos geneticamente modificados”.

Desta forma, e neste contexto, falta enquadrar toda a actividade desenvolvida e o protocolo apresentado numa perspectiva de ensino CTSA segundo a sua categoria e características.

Segundo Maria Eduarda Santos “a concepção CTSA de ensino das Ciências aponta para um ensino que ultrapasse a meta de uma aprendizagem de conceitos e de teorias centrados em conteúdos canónicos” e que procura uma relação entre as ciências naturais e a sociedade, a tecnologia, o comportamento, o conhecimento, o ético e o comunicacional.

De entre as nove expectativas para um ensino de ciências de tipo CTS, toda a actividade proposta enquadra-se no ponto 3, enunciado pela autora, “lugar a facetas tecnológicas no ensino CTS das ciências”. Onde se contempla na formação científica básica o desenvolvimento de competências, de formas de pensar características de processos técnicos, proporcionando aos alunos, a par da cultura científica, uma cultura técnica. Procura-se dar ênfase à técnica laboratorial de reprodução de plantas, aos procedimentos e fases, à técnica em si. Dando importância ao que levou a ser necessário estas técnicas, quais as suas vantagens e desvantagens, utilizações e consequências, numa ligação técnica, ciência e sociedade.

RELATÓRIO FINAL DO JOÃO INCLUINDO PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO (p. 7)

Com base nas categorias propostas de Aikenhead, esta actividade enquadra-se no ponto 7 – “Infusão” das ciências no conteúdo CTS, em que o conteúdo CTS é o fim essencial do ensino (clonagem *in vitro*) e em que o conteúdo pertinente de ciências (reprodução de plantas) é mencionado mas não é sistematicamente ensinado. Ou seja, o conteúdo CTS é a clonagem *in vitro* de plantas, no seguimento de um percurso investigativo sobre organismos geneticamente modificados, onde se estudou além de outras coisas, as vantagens e desvantagens, as utilidades e utilizações, as consequências para a sociedade, o homem e o ambiente. Neste seguimento e nesta linha a reprodução das plantas é o conteúdo de ciências que é considerado pertinente abordar e mencionar, mas que não é sistematicamente ensinado.

Três Actividades práticas

Pretende-se distinguir os diferentes termos que se podem usar em actividades desta índole: trabalho prático, trabalho experimental, trabalho laboratorial e trabalho de campo.

Trabalho prático é aquele que envolve a acção dos alunos (manual ou não), em que eles não são meros receptores ou passivos na construção do conhecimento, mas sim a acção motora de todo a actividade.

Trabalho experimental envolve o controlo e/ou manipulação de variáveis (variável independente – é aquela que é manipulada, controlada ou diferenciada; variável dependente – é aquela que por sua vez não é manipulada e que sofre alterações em consequência dos diferentes valores que a variável independente toma; variável controlada – é aquela que é constante ou standard na experiência).

Trabalho laboratorial é desenvolvido dentro da sala de aula ou num laboratório, podendo ser experimental ou não. Em contra partida, o trabalho de campo é desenvolvido fora da sala de aula, podendo da mesma forma ser experimental ou não.

Desta forma pode-se inserir toda a actividade desenvolvida numa actividade prática experimental e laboratorial.

RELATÓRIO FINAL DO JOÃO INCLUINDO PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO (p. 8)

Três Actividade Prática

Um Protocolo



: Objectivo da actividade :

Reproduzir *in vitro* Violetas a partir de folhas.

: Materiais :

- 1 violeta
- 1 litro de lixívia
- 1 frasco de 250 ml de álcool etílico
- 1 litro de água destilada
- 6 frascos vazios (\pm 400 ml)
- 2 caixas de petri
- 3 pinças
- 1 bisturi
- 1 caixa de fósforos
- 1 lamparina de álcool
- 100g de algodão
- 6 frascos vazios (\pm 200 ml)
- Meio de cultura
- 10 folhas de gelatina
- 20 g de açúcar
- 1 panela

: Equipamento :

- Panela de pressão
- Lâmpada de Ultra-violetas
- Terrário
- Plástico preto de grandes dimensões
- Máscara



: Procedimentos :

1ª Etapa (Esterilização do material)

1. Colocar os frascos todos vazios com água na panela de pressão durante 60 minutos;
2. Colocar as pinças, as caixas de petri na panela de pressão durante 60 minutos.

2ª Etapa (Preparação do meio de cultura)

3. Dissolver a gelatina em 100 ml de água quente e o açúcar;
4. Colocar a gelatina em 6 frascos esterilizados e fechá-los de imediato;
5. Levar os frascos ao frigorífico durante 3 horas;
6. Colocar os frascos com gelatina, em água, na panela de pressão durante 30 minutos.



RELATÓRIO FINAL DO JOÃO INCLUINDO PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO (p. 9)

3ª Etapa (Preparação do local de realização e material da experiência)

7. Colocar o terrário sobre uma mesa;
8. Colocar as pinças, os frascos vazios, as caixas de petri e o bisturi dentro do terrário;
9. Colocar a lâmpada de UV's dentro do terrário;
10. Cobrir todo o terrário com plástico preto de forma a nenhuma radiação pode sair para o exterior;
11. Ligar a lâmpada de UV's durante 2 horas;
12. Desligar a lâmpada de UV's, retirar o plástico preto.

4ª Etapa (Preparação do meio de cultura)

13. Juntar ao meio de cultura a gelatina;
14. Distribuir o meio de cultura pelos 6 frascos.


5ª Etapa (Realização da actividade)


15. Colocar a máscara;
16. Lavar bem as mãos em água e de seguida passar por álcool;
17. Retirar do terrário 2 frascos vazios, enchendo um com 70% de álcool e outro com água destilada;
18. Dentro do terrário colocar do lado esquerdo um frasco com 70% de álcool, um frasco com água destilada, um frasco com 30% de lixívia e outro frasco com água destilada;
19. Acender a lamparina e colocá-la do lado direito;
20. Colocar uma caixa de petri de frente vazia e outra ao fundo como suporte do bisturi e das pinças;
21. Retirar uma folha da violeta;
22. Com uma pinça, passar a folha pelo frasco de álcool (2 minutos) e de seguida pelo frasco de água destilada (5 minutos), no exterior;
23. Levar a folha para dentro do terrário, colocá-la sobre a caixa de petri, com o bisturi e a ajuda de uma pinça cortar pequenos quadrados com cerca de 1 cm²;
24. Passar cada pedaço de folha pelo frasco de lixívia (15 minutos) e novamente por água (2 minutos);
25. Colocar 3 pedaços de folha sobre a superfície sólida, em cada frasco com o meio de cultura e fechar os frascos;
26. Aguarda 3 a 4 semanas para observares os primeiros rebentos da violeta;
27. Quando tiverem cerca de 2 cm de altura, separa-os e coloca-os em vasos com terra. Depois coloca-os num local com exposição solar e vai os regando;
28. Vai observando o crescimento das novas plantas de violeta.

RELATÓRIO FINAL DO JOÃO INCLUINDO PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO (p. 10)

Data: _____

: Observações e Registos :



 **: Conselhos no procedimento:**

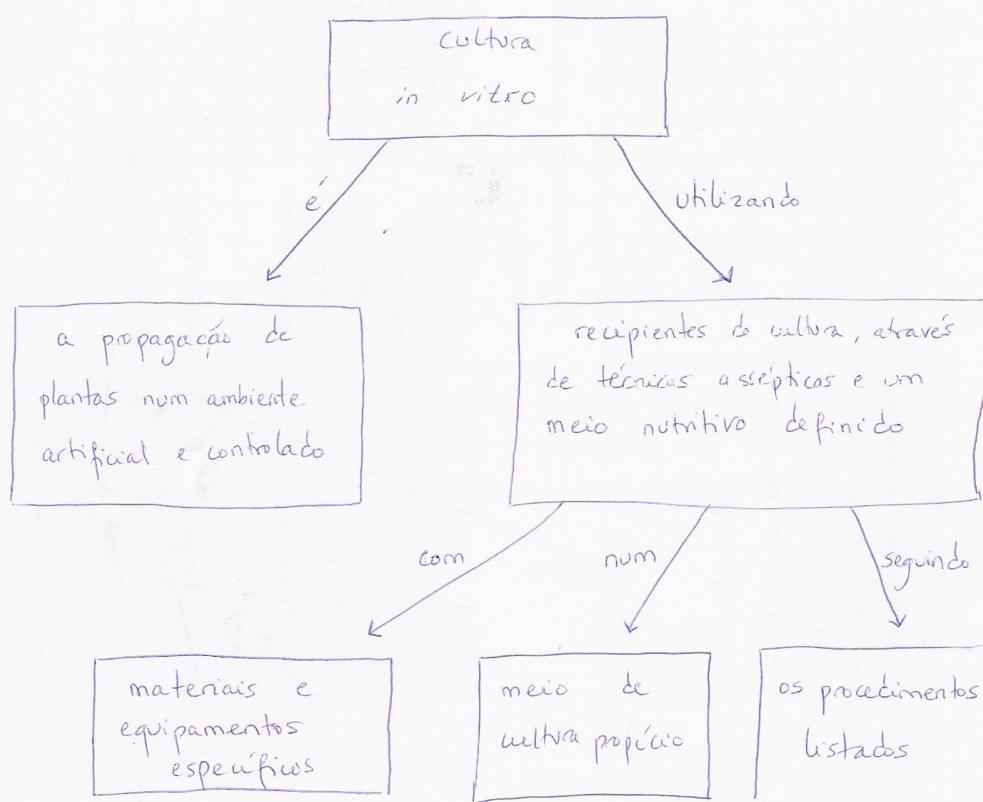
- Os frascos a utilizar podem ser de compotas ou sumos, com tampa para poderem ser fechados e ser levados à panela de pressão;
- Todo o material deve ser bem desinfectado de forma a ficar *estéril* de possíveis bactérias;
- Cuidado sempre que utilizares a panela de pressão, a lamparina ou os bicos do fogão para não te queimares;
- A lamparina dentro do terrário serve sempre para desinfectares o bisturi ou a pinça que utilizares, passando por álcool e depois pela chama da lamparina;
- Sempre que tiveres dificuldades pede ajuda.

Meio de cultura:

- 0,5 mg/l IBA (ácido indolbutárico acético);
- 2 mg/l BAP (a-Benzilaminopurina);
- 7 g/l Agar Agar (agente gelificante);
- solução nutritiva MS (Murashige & Skog), obedecendo às instruções inscritas no frasco;
- 30 g/l de sacarose.

RELATÓRIO FINAL DO JOÃO INCLUINDO PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO (p. 11)

Dois Mapa de conceitos



RELATÓRIO FINAL DO JOÃO INCLUINDO PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO (p. 12)

Teoria:

- A micropogação vegetal (clonagem in vitro) permite reproduzir plantas artificialmente num laboratório

Princípios:

- A multiplicação in vitro é possível devido à propriedade vegetal de totipotência celular
- É necessário um meio nutritivo para o desenvolvimento da plântula
- São necessárias condições estéreis

Conceitos:

- Micropogação
- Meio de cultura
- Reprodução
- Artificial

Como produzir artificialmente uma planta num laboratório?

Conclusões:

- A micropogação da violeta realiza-se com sucesso quando é utilizado um meio de cultura com as hormonas específicas para a determinada parte da planta e em condições assépticas controladas.

Resultados:

- Possivelmente devido ao meio de cultura não ser o adequado para a parte da planta utilizada, não se verificou propagação da violeta.

Procedimentos:

- Preparação do meio de cultura
- Desinfecção de todo o equipamento e material
- Realização da actividade em laboratório
- Registo das observações

RELATÓRIO FINAL DO JOÃO INCLUINDO PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO (p. 13)

Quatro Análise e Reflexão dos resultados

A primeira vez que foi realizada a actividade no laboratório do ISCE, foi usado um meio de cultura sem hormonas e soluções nutritivas, foi utilizado o meio de cultura neutro fornecido no laboratório dos viveiros de S. Jorge. Os passos foram seguidos de uma forma correcta, e dos seis frascos utilizados para meio de propagação houve apenas dois que contaminaram, não havendo no entanto micropopagação das folhas da violeta seleccionada. Esta primeira experiência serviu essencialmente para familiarizar-me com a técnica, em confirmar e corrigir os procedimentos, passos e materiais necessários.

Após as alterações necessárias, a segunda vez que a actividade foi realizada no laboratório do ISCE, já foi utilizado o meio de cultura apresentado no protocolo, no então após duas semanas verificou-se novamente não haver micropopagação, em nenhum dos onze frascos utilizados, tendo apenas um sido contaminado. As possíveis causas discutidas para tal facto foram:

- as hormonas não terem estado no frigorífico;
- ter sido utilizada lixívia a mais;
- o pH estar muito baixo;
- as hormonas terem mais indicadas para o pecíolo de uma folha e não para o limbo.

As hormonas (Murashige & Skoog Medium) são aquelas que normalmente em laboratório são utilizadas por investigadores para a zona do pecíolo e o facto de ter sido utilizado o limbo da folha por ter contribuído para o não desenvolvimento de novas espécies. Pois ao dividirmos uma folha em pedaços procuramos assim fazer o retrocesso do processo celular, numa célula indiferenciada que depois em contacto com as hormonas reagem e reproduzem-se.

RELATÓRIO FINAL DO JOÃO INCLUINDO PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO (p. 14)

Cinco Bibliografia

DEPARTAMENTO DA EDUCAÇÃO BÁSICA (2001). *Currículo nacional do ensino básico – competências essenciais*. Lisboa: Departamento de Educação Básica.

FEVEREIRO, MANUEL E NEVES, LUCINDA (2001). Cultura in vitro de plantas. In *Cadernos didáticos de Ciências*. Lisboa: Ministério da Educação.

MACIEL, ANNA, SILVA, ADRIANO E PASQUAL, MOACIR (2000). Aclimatização de plantas de violeta obtidas in vitro. In *Revista Ciência agrotecnológica*.

OLIVEIRA, M. MARGARIDA. Aplicações e avanços na área da Biotecnologia Vegetal. Lisboa: Fac. Ciências de Lisboa.

SANTOS, M^a EDUARDA. Desafios Pedagógicos para o século XXI.

[1] <http://www.uesb.br/flower/propaga.html#parte3>

[2] http://www-liv.ac.uk/~sd21/tisscult/case_study_3.htm

[3] <http://www.ncbe.reading.ac.uk>

1º PLANO EXPERIMENTAL DA INÊS (p. 1)

Protocolo Prático



Enquadramento teórico

O efeito dos nutrientes no agrião

A intensidade com que os solos realizam cada uma das suas funções é extremamente importante para a sua sustentabilidade. A degradação do solo reduz a sua disponibilidade e viabilidade a longo prazo, reduzindo ou alterando a sua capacidade para desempenhar funções a ele associadas. A perda de capacidade do solo para realizar as suas funções, deixando de ser capaz de manter ou sustentar a vegetação, é designada por desertificação.

A fertilidade dos solos depende de um conjunto de factores, uns de natureza física, outros de natureza química. Da conjugação destes factores, resulta a capacidade de produção do solo, que, dependendo do seu perfil (sucessão de horizontes) apenas atinge o seu máximo quando o nível de todos os factores nutritivos foram correctamente ajustados em função das necessidades dos sistemas culturais.



Problema: Qual a importância dos fertilizantes no desenvolvimento do agrião?

Hipótese: Os fertilizantes ajudam o desenvolvimento e crescimento do agrião.

Materiais:

- Caixa de plástico;
- Régua;
- Etiquetas;
- Substrato de perlite;
- Água da torneira;
- Sementes de agrião;
- Algodão;
- Placa de esferovite.

Identificação de variáveis da actividade experimental:

- Variável independente -> *solução nutritiva* ~~Nível de~~ **KNOP;**
- Variáveis dependentes -> *ser o* **Taxa de crescimento,**
Taxa de germinação;
- Variáveis controladas -> **Temperatura,**
Caixa de germinação,
Substrato perlite,
Água,
Luminosidade,
Sementes.

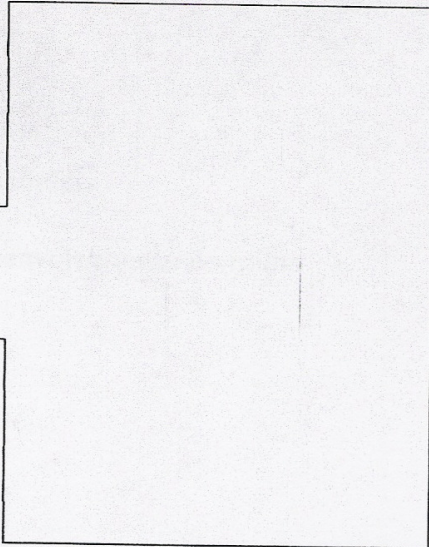
1º PLANO EXPERIMENTAL DA INÊS (p. 2)

Procedimento:

- 1) Lavagem das caixas de plástico e das placas de esferovite.
- 2) Medição da altura e diâmetro das caixas.
- 3) Etiquetagem das caixas de plástico.
- 4) Colocação do algodão e em seguida do substrato perlite em cada uma das cavidades existentes nas placas de esferovite.
- 5) Colocação das placas de esferovite nas caixas de plástico.
- 6) Colocação de uma semente de agrião em cada cavidade do esferovite.
- 7) Colocação de tampas na caixa de plástico.
- 8) Colocação de 60 ml de água em cada caixa.
- 9) Registo dos resultados da taxa de germinação e comprimento do agrião.

1º PLANO EXPERIMENTAL DA INÊS (p. 3)

10) Análise dos resultados:

_____	

9 ~~11~~ Registo da percentagem de sobrevivência e comprimento do agrião após 8 dias, 16 dias e 24 dias.

11 ~~12~~ Conclusões:

PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO PELA INÊS (P.1.)

Índice

Introdução	1
O Ensino das Ciências na actualidade	2
Modelo CTS	3
Considerações Gerais Agrícolas	4
Considerações Gerais do Agrião	7
Protocolo Prático	8
Registo de observação da actividade prática	9
Conclusão	10

PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO PELA INÊS (p. 2)

Introdução

Por me ter sido solicitado, foi realizado o seguinte trabalho prático, experimental, realizado no âmbito da disciplina Didáctica das Ciências II.

Segundo as orientações da Dr.^a Ana Capelo, procuramos realizar um trabalho que fosse de encontro às necessidades das crianças. Os objectivos foram “lançados” e as estratégias pensadas de modo a realizar um trabalho prático o mais pragmático possível.

Reúne-se aqui uma actividade que poderá vir a ser o princípio de vários trabalhos/projectos a desenvolver num futuro que se adivinha próximo e que o Ministério da Educação assim o obriga.

Espero que esta compilação de esforço seja do agrado de quem a folhear...

PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO PELA INÊS (p. 3)

O ensino das Ciências na actualidade

Falar da relação que se estabelece entre a evolução da tecnologia e suas repercussões no ambiente, devemos constatar que o *ethos* da ciência também foi alvo de significativa mudança. Hoje a ciência é vista mais como potencial contributo para a promoção de uma vida melhor.

Por consequente, o ensino das ciências também ele teve que acompanhar a mudança.

Nesse sentido, segundo normativos emanados pelo Departamento de Metodologias de Educação (Freitas, 2004) cabe à Educação Básica e Secundária apostar na requalificação e aumento da Educação Básica e reorientação dos currículos, programas e vivências.

Assim sendo, grande número de capacidades, que são fundamentais nos dias de hoje, apenas serão estimuladas e desenvolvidas nos alunos caso o professor os leve a investigar, com objectos e fenómenos, certas questões, procurando para elas uma resposta adequada.

Por conseguinte, numa perspectiva construtivista, são recomendáveis as estratégias baseadas em actividades experimentais que, segundo Trowbridge e Bybee (1990), podem subdividir-se em várias categorias:

- Capacidades aquisitivas;
- Capacidades organizacionais;
- Capacidades criativas;
- Capacidades manipuladoras;
- Capacidades comunicativas

PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO PELA INÊS (p. 4)

Modelo CTS

A reestruturação dos currículos de Ciências, tendo como principal objectivo a sua adaptação à sociedade global que começa a emergir, é uma necessidade do tempo presente para poder fornecer aos professores ideias técnicas que os ajudem a preparar os jovens para enfrentarem o mundo em galopante evolução. Se a sociedade está a entrar numa nova era, onde tudo acontece rapidamente, a escola não pode ficar à margem das grandes mudanças que estão a decorrer e, sobretudo, terá a obrigação e mobilizar nos jovens competências que lhes permitam acompanhar essas mudanças. Para dar resposta às necessidades dos jovens e da sociedade tecnológica em construção não basta mudar os currículos da disciplina de Ciências, é pois necessário mudar as práticas dos professores.

Nas aulas de Ciências, as interações dos grupos revestem-se de grande importância por vários motivos, mas principalmente, pela necessidade de discutir conteúdos, e/ou notícias, informações científicas e de incentivar os alunos a investigar, a realizar actividades experimentais, a ler e a interpretar fontes diversas de informação, desenvolvendo actividades em equipe.

As actividades práticas, principalmente as de carácter experimental, assumem um papel fundamental nas Ciências e actualmente, é preocupação de professores e investigadores, a forma como estas são integradas nas práticas lectivas. O Ministério da Educação valoriza as aprendizagens experimentais nas diferentes disciplinas, em particular e com carácter obrigatório no Ensino das Ciências, promovendo a integração da dimensão teórica/prática (Decreto de Lei nº 6 /2001, de 18 de Janeiro), no sentido de preparar os jovens para enfrentarem o mundo em evolução.

Embora não haja unanimidade do conceito de actividades práticas, estas são concebidas aqui como actividades de natureza investigativa, e são entendidas como uma abordagem do ensino das Ciências que harmonize a aprendizagem dos conceitos, o desenvolvimento de competências dos alunos e a construção de imagens no que respeita à natureza do projecto científico (Praia e Cachapuz, 1994).

PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO PELA INÊS (p. 5)

Considerações gerais agrícolas

Durante muito tempo pensou-se que as plantas obtinham o carbono através da matéria orgânica do solo, ou seja, que era o que hoje designamos por organismos heterotróficos. Esta visão, aceite pela maioria dos cientistas do século XIX, foi posta em causa por Justus Liebig na data de 1840.

Em 1843 foram iniciados na Estação Experimental de Rothamsted, no Reino Unido ensaios de campo de longa duração, que perduram até aos nossos dias, com uma acumulação de dados sem igual, e que são agora reanalisados através de métodos estatísticos, que não eram conhecidos na altura. Estas experiências confirmaram, bem cedo e em grande medida, as ideias de Liebig, que ficaram conhecidas como a **Teoria Mineral da Nutrição**. De acordo com esta teoria, as plantas alimentam-se de elementos em formas minerais, e não de matéria orgânica, tendo o autor supracitado que necessitavam de fosfatos, sulfatos, compostos azotados (nitratos) e sais de bases.

A fertilidade dos solos depende de um conjunto de factores, uns de natureza física, outros de natureza química. Da conjugação destes factores, resulta a capacidade de produção do solo, que, dependendo do seu perfil (sucessão de horizontes) apenas atinge o seu máximo quando o nível de todos os factores nutritivos foram correctamente ajustados em função das necessidades dos sistemas culturais.

A intensidade com que os solos realizam cada uma das suas funções é extremamente importante para a sua sustentabilidade. A degradação do solo reduz a sua disponibilidade e viabilidade a longo prazo, reduzindo ou alterando a sua capacidade para desempenhar funções a ele associadas. A perda de capacidade do solo para realizar as suas funções, deixando de ser capaz de manter ou sustentar a vegetação, é designada por desertificação.

PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO PELA INÊS (p. 6)

A utilização de adubos minerais permitiu que o agricultor fizesse enormes progressos no aumento de rendimentos. O emprego cada vez mais generalizado de espécies e variedades de elevada capacidade de produção e a crescente preocupação rentabilidade fazem com que eles sejam considerados uma imperiosa necessidade.

Se o aspecto quantitativo dos seus efeitos é primordial, o ponto de vista da qualidade não deve ser descurado e a sua influência sobre a sua composição dos produtos agrícolas deve tomar-se em consideração.

Uma fertilização racional deve apoiar-se num largo leque de conhecimentos que se referem simultaneamente aos vegetais (fisiologia da nutrição mineral) e ao solo: teor de elementos nutritivos, fixação e solubilização.

Do ponto de vista mineral, há portanto, concentração na planta, de alguns elementos essenciais, também denominados por macro elementos: azoto (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), enxofre (S), magnésio (Mg), etc., que são na maior parte extraídos do reino mineral. Convém acrescentar que o azoto na maior parte das vezes é fornecido pela matéria orgânica, exemplo, através do processo de sideração.

As investigações sobre a fisiologia da nutrição permitiram ou conduziram a uma classificação dos elementos de acordo com o seu comportamento bioquímico e as funções que desempenham nas plantas (critério fisiológico), ou segundo critérios quantitativos.

- **Critério Fisiológico** – baseado nas funções que exercem no metabolismo celular.
- **Critério Quantitativo** – os teores de nutrientes necessários às plantas são muito diversos, dependendo do elemento em causa. Por cada átomo de molibdénio ou níquel, uma planta necessita de cerca de trinta milhões de átomos de oxigénio, trinta e cinco milhões de átomos de carbono e sessenta milhões de átomos de hidrogénio, mas apenas de trezentos átomos de zinco e cem de cobre. Os nove elementos (hidrogénio, carbono, oxigénio, azoto, potássio, cálcio, magnésio, fósforo, enxofre), são designados por macronutrientes. Enquanto que : o cloro, ferro, boro, manganésio, zinco, cobre, níquel e molibdénio, são considerados

PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO PELA INÊS (p. 7)

micronutrientes. Os micronutrientes fazem parte do grupo dos elementos vestigiais ou também designados por oligoelementos.

O azoto, fósforo e potássio são os três elementos que mais limitam o crescimento vegetal, o seu teor no solo tem que ser muitas vezes complementado, recorrendo á aplicação de fertilizantes. Por esta razão, estes três elementos são designados por macronutrientes principais. O enxofre, cálcio, magnésio são abundantes na maior parte dos solos e são necessários em teores mais baixos do que o azoto ou potássio. São designados por macronutrientes secundários, por não ser necessário avaliar sistematicamente a sua concentração no solo e aplicá-los através da fertilização.

PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO PELA INÊS (p. 8)

Considerações gerais do Agrião

Agrião- *Nasturtium officinale*

Denominação comum: Agrião-d' água

Família: Crucíferas.

Características: Planta herbácea. Haste ramosa, espessa, succulenta, verde, rasteira. Folhas alternas, peciolada, algo esparsas, compostas, imparipenadas. Foliolos quase sésseis, piriformes, opostos.

Planta originária da Europa e da Rússia, mas actualmente a sua área de crescimento natural inclui toda a Europa, Ásia Central, Norte de Africa e América.

Para os Egípcios o Agrião era sinónimo de força, pelo que os Faraós administravam sumo de Agrião aos escravos para incrementar a sua produtividade. Para os Romanos era um remédio essencial contra a queda do cabelo e para os Persas um alimento ideal para as crianças.

Esta planta é de grande valor nutricional, utilizada na nossa cozinha, no entanto também tem grande valor medicinal.

PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO PELA INÊS (p. 9)

Protocolo Prático



Enquadramento teórico

O efeito dos nutrientes no agrião

O azoto é absorvido pela planta sob forma nítrica, todavia, os sais minerais podem ser utilizados sem nitrificação prévia, sobretudo em meio alcalino.

Devido ao seu papel essencial na constituição dos núcleos celulares da clorofila. O azoto existe na planta em grandes quantidades, sobretudo nos tecidos jovens e em certos órgãos de reserva. A absorção deste será portanto mais acentuada no princípio da vegetação e durante o período de crescimento activo, esta função essencial faz deste macro-elemento, na maior parte das vezes, o factor determinante do rendimento. Actua sobretudo aumentando o volume dos órgãos vegetativos e a quantidade de clorofila, portanto a fotossíntese.



Problema: Qual a importância dos fertilizantes no desenvolvimento do agrião?

Hipótese: Os fertilizantes ajudam o desenvolvimento e crescimento do agrião.

Materiais:

- Caixa de plástico;
- Régua;
- Etiquetas;
- Substrato de perlite;
- Água da torneira;
- Sementes de agrião;
- Algodão;
- Placa de esferovite.

Identificação de variáveis da actividade experimental:

- Variável independente» Solução de Knop;
- Variáveis dependentes» Taxa de germinação;
Taxa de crescimento.
- Variáveis controladas -> Temperatura;
Caixa de germinação;
Substrato perlite;
Água;
Luminosidade;
Sementes.

PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO PELA INÊS (p. 10)

Registo de observação da actividade prática

Tipos de parâmetros avaliados	I- Taxa de germinação do Agrião		II- Taxa de crescimento das plantas (comprimento)		III- Coloração, nº de folhas		IV- Medição de pH	
Data de registo dos dados	Registo dos dados iniciais considerados mais relevantes (nº de semente utilizadas) ««««« 70 Sementes »»»»»							
20 Abril	Início da germinação do Agrião		-----		-----		-----	
27 Abril	Vaso control	Sol. Knop	Dados não obtidos		Igual para todas		-----	
	71.4%	34.2%						
4 Maio	Vaso Contr.	Sol Knop	Vaso contr.	Sol Knop	Igual para todas		-----	
	74.2%	48.5%	3.0%	2.6%				
11 Maio	Vaso control	Sol. Knop	Vaso control	Sol. Knop	Vaso contr. – o nº de folhas aumentou, cor verde	Sol. Knop- os agriões atrofiaram no crescimento, morreram.	Vaso contr.	Sol. Knop
	73%	40%	4.1%	2.6%			6	5
18 Maio	Vaso control	Sol. Knop	Vaso control	Sol. Knop	Vaso contr. – o nº de folhas aumentou, cor verde	Sol. Knop- os agriões atrofiaram no crescimento, morreram.	Vaso contr.	Sol. Knop
	73%	40%	4.2%	1.8%			6	5
25 Maio	Vaso control	Sol. Knop	Vaso control	Sol. Knop	Vaso contr. – o nº de folhas aumentou, cor verde	Sol. Knop- os agriões atrofiaram no crescimento, morreram.	Vaso contr.	Sol. Knop
	73%	40%	2.7%	0.8%			6 / 7	5

PLANO EXPERIMENTAL DELINEADO E CORRIGIDO PELA INÊS (p. 11)

Conclusão

Concluo através do presente trabalho, que as sementes de Agrião utilizadas no vaso controlo tiveram um maior e continuo crescimento, quando comparadas com as sementes de Agrião germinadas através da solução Knop.

Este facto deve-se ao ião de nitrato ser muito solúvel em água, mas no entanto este, ou não foi absorvido pelas plantas, ou, por outro lado pode ter provocado toxicidade às mesmas e ainda poderia ter acontecido outra situação. A presença do ião nitrato poderia ser insuficiente para colmatar outros défices nutricionais considerados essenciais às plantas.

1ª Teste de avaliação à disciplina de Didáctica das Ciências da Natureza II

Nome: _____

“As actividades educativas têm de ter um sentido e materializar-se na produção de qualquer coisa original.”
(Rui Canário, Jornal de letras, 2003)

1. Após a exploração dos conteúdos propostos para a disciplina de Didáctica das CN II;

1.1. Exponha por escrito na folha de prova, uma actividade prática que desenvolveria com os seus alunos para exploração de um tema de CN, envolvendo inter-relações CTS.

1.2. Justifique a pertinência/inclusão do tema seleccionado no seu percurso num currículo escolar do ensino básico, à disciplina de Ciências da Natureza, 2º ciclo.

1.3. Reflicta sobre a interligação do tema escolhido com o “*ethos*” **actual** das ciências.

1.4. Reflicta sobre a importância de explorar o tema, não só como contributo de uma educação **sobre** ciências, educação **em** ciências mas também educação **pelas** ciências. (Nota: Tenha em conta o documento: Santos, 2001, Dimensão conceptual do currículo escolar, p. 15-24).

1.5. Reflicta sobre a forma como o seu plano de investigação se encaixa(ou **não**) numa vertente CTS do ensino (especificar em que categoria encaixaria, de entre as categorias de Aikenhead (1994), e em que expectativas CTS encaixaria, de acordo com M. Eduarda Santos (2000) (ver pág. 220-224).

1.6. Analise com base nos seus conhecimentos sobre a utilização de actividades “práticas”, meramente demonstrativas ou de verificação (ensino por descoberta) ou de actividades práticas, investigativas, sócio-construtivistas e cooperativas.

2º teste de avaliação à disciplina de Didáctica das Ciências da Natureza II

Nome: _____

1. Com base nos estudos desenvolvidos sobre o ensino em contexto CTS, analise os manuais do 5º ano de escolaridade, seleccione um tema e desenvolva um texto onde apresente a exploração desse tema no âmbito de inter-relações CTS, destinado a alunos de Ciências Naturais do 2º ciclo do Ensino básico onde:

1.1. Deve justificar a relevância social do tema seleccionado

1.2. Deve justificar a pertinência de inclusão dessa tema no Currículo Nacional do Ensino Básico (DEB, 2001) do 2º ciclo.

1.3. Deve procurar enquadrar o tema num dos blocos temáticos do programa de Ciências da Natureza do 5º ano de escolaridade

1.4. Deve procurar enquadrar o tema numa das categorias de ensino em contexto CTS (categorias descritas por Ainkead, 1994)

2. O tema deve ser operacionalizado através da concepção, elaboração e implementação de uma actividade prática, experimental e de laboratório. Para isso apresente aqui o protocolo concebido onde deve indicar:

2.1. Qual será o seu problema de partida?

2.2. Qual será a sua hipótese de trabalho?

2.3. Como pode provar a fiabilidade da sua actividade prática experimental?

2.4. Quais serão as suas variável independente e variáveis dependentes na actividade experimental?

2.5. Qual será o controlo que vai utilizar?

2.6. Como vai registar os resultados?

ACTIVIDADE I: *DETECTIVES DA ÁGUA*

Nome do aluno/a: _____

Turma: _____

Idade: ____



INTRODUÇÃO TEÓRICA:

No ciclo hidrológico, o movimento da água causa erosão das rochas e do solo. Parte do material erodido é transportado pelos rios para os oceanos, tanto substâncias em suspensão como substâncias dissolvidas. Estas substâncias são consideradas substâncias naturais e podem ser desde carbonato de cálcio a minerais dissolvidos designadamente metais pesados: chumbo, cádmio e zinco. Outras substâncias são introduzidas no ciclo hidrológico pela actividade do homem, tais como: óleos, fertilizantes químicos e pesticidas.

Os cientistas têm desenvolvido testes para avaliar o efeito destas substâncias nos seres vivos. Estes testes envolvem muitas vezes a utilização de instrumentos que avaliam os efeitos causados pela poluição que não conseguem ser observados directamente.

Mas hoje na sala de aula irás utilizar os teus sentidos (visão, olfacto e tacto) para analisares se a água que irás observar está poluída ou não.

OBJECTIVOS PROPOSTOS PARA ACTIVIDADE QUE VAIS REALIZAR:




- A) Ter noção que a água contém substâncias que a poluem e lhe alteram a cor, o cheiro, a transparência e o pH
- B) Ter noção que a água que consumimos e mesmo a água de rega pode ter substâncias que podem fazer mal aos seres vivos
- C) Saber utilizar os teus sentidos para distinguir a água que está poluída da água que não está poluída
- D) Saber utilizar uma fita de pH para medires o pH de águas de origens diferentes com outros li.

MATERIAIS QUE VAIS UTILIZAR:

- 1. Caixas de plástico ou tapeweres para recolha de água
- 2. Fita de pH
- 3. 1 Caneta de acetato para numerares as caixas
- 4. Lápis para preencheres a tabela a seguir esquematizada

PROCEDIMENTO:

- 1. Numera 4 caixas de plástico de 1 a 4.
- 2. Recolhe água para cada uma das caixas em 4 zonas diferentes (pede ajuda à tua professora para recolher água de um lago ou tanque da escola, água da chuva e mesmo água libertada por fabricas poluentes.
- 3. Leva as amostras recolhidas para a tua sala de aula
- 4. Anota o que observas na tabela a seguir esquematizada

Amostra de água	olhar	cheirar	sentir	Teste do PH
				
Amostra 1				
Amostra 2				
Amostra 3				
Amostra 4				

1. Olha para as amostras. Coloca na tabela um X nas amostras que não se parecem com a água (compara a cor, a transparência)
2. Cheira as amostras. Coloca na tabela um X nas amostras que não se parecem com a água
3. Toca nas amostras de água recolhidas. Coloca na tabela um X nas amostras que não se parecem com a água
4. Agora diz qual é a amostra que se parece com a água de torneira.

ACTIVIDADE II: EFEITO DA POLUIÇÃO NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLANTAS (alface)

Nome do aluno/a: _____

Turma: _____

Idade: ____

TEXTO INTRODUTÓRIO

No presente trabalho irás avaliar o efeito de água poluída na germinação e crescimento da alface.

No geral, para a **germinação das plantas** é necessário água (para rehidratação das sementes), uma temperatura adequada e por vezes luz. No caso específico da alface, esta necessita de água, um pouco de calor e é-lhe indiferente a presença de luz.

Relativamente ao **crescimento das plantas** já é necessário a presença diária de luz (pode ser luz emitida por lâmpadas), uma temperatura de acordo com o tipo de planta e água rica em sais minerais.

Contudo, muitas vezes a água que se utiliza normalmente em nossas casas, nas culturas agrícolas, contém substâncias que lhe alteram a cor, o sabor, isto é apresenta substâncias que a poluem. Estas substâncias são libertadas pelas fábricas, pela indústria, e como exemplo temos metais, detergentes, ou substâncias utilizadas na agricultura tais como adubos ou fertilizantes.

Caso queiras poderás realizar uma actividade na aula onde poderás comparar águas de origens diferentes usando os teus sentidos como a visão, o tacto e o olfacto (Actividade I).

OBJECTIVOS PROPOSTOS PARA A ACTIVIDADE QUE VAIS REALIZAR:

- a) Saber preparar os locais para germinação das alfaces.
- b) Comparar a germinação e o crescimento das alfaces na caixa com água poluída com a caixa que contém água não poluída, (pelo nº de folhas germinadas, pela análise da cor das folhas e pelo comprimento das folhas ao longo de 4 semanas).
- c) Saber anotar, semanalmente, numa tabela os dados de crescimento da alface
- d) Compreender de uma forma mais clara o processo de germinação e o crescimento das plantas

Montagem da experiência:

Para realizares a experiência terás de montar um local para germinação. Este local poderá ser criado por ti como podes observar na página seguinte, onde podes utilizar uma metade de uma caixa de ovos como caixa de germinação. Também podes montar um local para germinação como observas no anexo que está por último.

MATERIAIS:

1. Uma caixa de ovos perfurada ou placa de esferovite perfurada (figura A)
2. Perlite (a perlite é um “solo” sem minerais)
3. Água recolhida de um local poluído e de outro não poluído (2 águas de origem diferente)
4. Sementes de alface
5. Algodão
6. Tapewerer para colocar cada caixa de ovos
7. Caixa grande de plástico (figura B), com tampa para abrigares as tuas culturas (caixa de aclimação) ou glad para cobrir no início



Caixa de esferovite
Figura A



Plantas germinadas



Caixa de aclimação
Figura B

PROCEDIMENTO:

Cada grupo de 4 a 5 alunos:

1. Abre uma caixa de ovos (caixa de seis ovos) e separa-a em duas
2. Coloca cada metade da caixa de ovos num tapewerer (A) e num tapewerer (B)
3. Em cada caixa de ovos faz um furo na base das concavidades
4. Coloca nesse furo um pouco de algodão
5. Cobre agora as cavidades com perlite
6. Coloca uma semente por cima da perlite
7. Embebe a perlite da caixa A com **água não poluída** e embebe a perlite da caixa B com **água poluída**.
8. Cobre com plástico glad ou tapa os tapewerers com a própria tampa
9. Após uma semana tira a tampa e coloca cada caixa de germinação dentro de uma caixa de plástico maior (figura B).
10. Vai anotando o que observas na tabela a seguir esquematizada.

E não te esqueças que para cada caixa tens de anotar os dados para as 6 plantas e depois fazeres a média. Isto é, por exemplo para avaliares o comprimento somas o comprimento das 6 plantas (comprimento da planta 1 + planta 2+ planta 3+ planta 4 + planta 5 + planta 6) e divides depois o valor dado por 6 para obteres um

comprimento médio. Faz sempre isto após 1 semana, após 2 semanas e após 3 semanas.

Registo dos dados obtidos para a caixa A

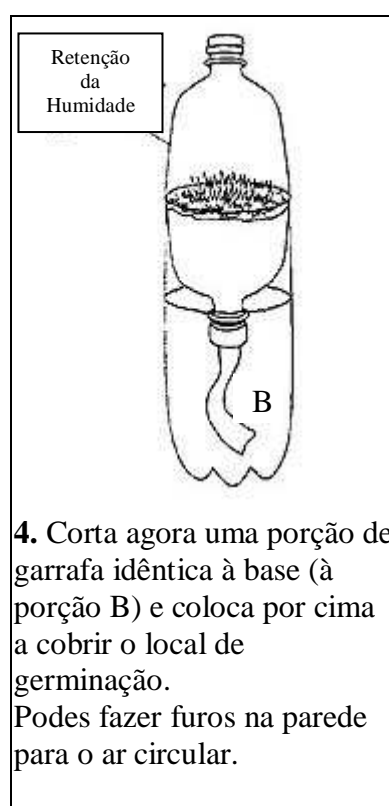
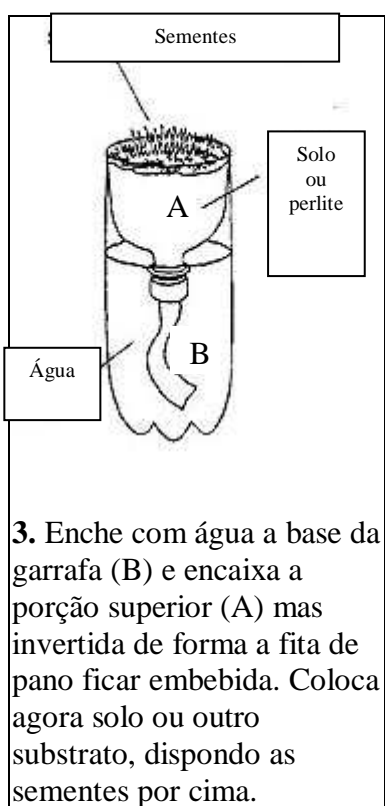
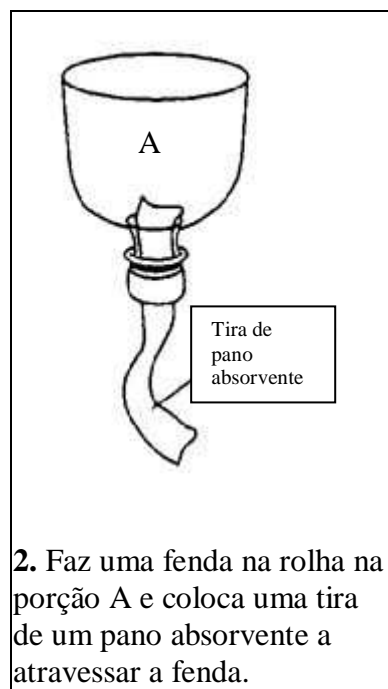
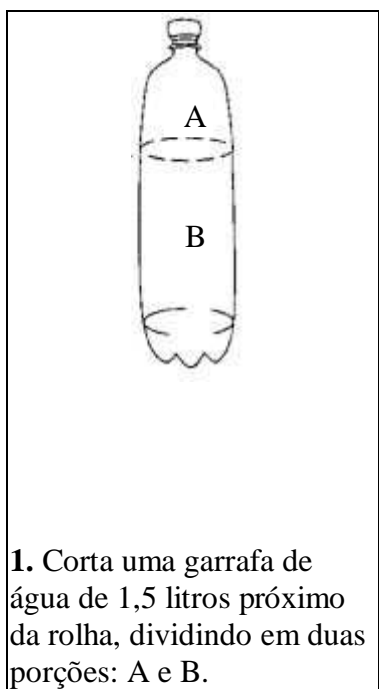
CAIXA A CAIXA COM ÁGUA NÃO POLUÍDA	6 plantas obtidas para cada caixa	Planta germinada (coloca em baixo a palavra sim ou não)	Após 1 semana	Após 2 semanas	Após 3 semanas
Altura de cada planta: (Mede o comprimento com uma régua desde a superfície da perlite até à folha mais alta)	Planta 1				
	Planta 2				
	Planta 3				
	Planta 4				
	Planta 5				
	Planta 6				
Nº total de folhas de cada planta	Planta 1				
	Planta 2				
	Planta 3				
	Planta 4				
	Planta 5				
	Planta 6				
Cor das folhas de cada planta	Planta 1				
	Planta 2				
	Planta 3				
	Planta 4				
	Planta 5				
	Planta 6				
Largura máxima das folhas (em milímetros) de cada planta	Planta 1				
	Planta 2				
	Planta 3				
	Planta 4				
	Planta 5				
	Planta 6				

Registo dos dados obtidos na caixa B

CAIXA B: CAIXA COM ÁGUA POLUÍDA	6 plantas obtidas em cada caixa	Germinação?: Sim ou não	Após 1 semana	Após 2 semanas	Após 3 semanas
Altura de cada planta: (Mede o comprimento com uma régua desde a superfície da perlite até à folha mais alta)	Planta 1				
	Planta 2				
	Planta 3				
	Planta 4				
	Planta 5				
	Planta 6				
Nº total de folhas de cada planta	Planta 1				
	Planta 2				
	Planta 3				
	Planta 4				
	Planta 5				
	Planta 6				
Cor das folhas de cada planta	Planta 1				
	Planta 2				
	Planta 3				
	Planta 4				
	Planta 5				
	Planta 6				
Largura máxima das folhas (em milímetros) de cada planta	Planta 1				
	Planta 2				
	Planta 3				
	Planta 4				
	Planta 5				
	Planta 6				

ANEXO:

COMO CRIAR UM ESPAÇO DE GERMINAÇÃO

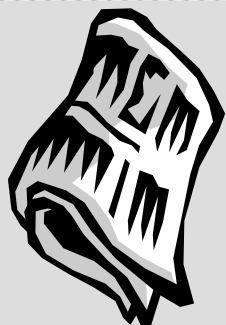


•Problemas no e com o ambiente



- Poluição da água, solo e ar
- Pobreza,
- Alimentos contaminados
- Eutrofização da água
- ...

A Sociedade está consciente?



Ambiente actual:

Incêndios dizimam 20% da Floresta Nacional;
Seca contribui para desertificação do interior Alentejano;
Erosão costeira;
Recursos naturais escasseiam

(Público, 12 Julho de
2005)

- ↓
- ☀ A população no geral, a comunidade escolar em particular, têm consciência do estado actual da floresta? Têm consciência da necessidade de protecção dos recursos?
 - ☀ A comunidade escolar (alunos, professores) tem tido a formação necessária para compreender os problemas de ambiente e participar/contribuir, conscientemente, na resolução dos mesmos?
 - ☀ O tema **protecção ambiental** **está presente nos currículos dos ensino básico e secundário**? Como é explorado?



Como sensibilizar?

Fundamental



Transportar o conhecimento científico actual das Universidades, laboratórios de investigação para a Sociedade, para a comunidade escolar.

vital



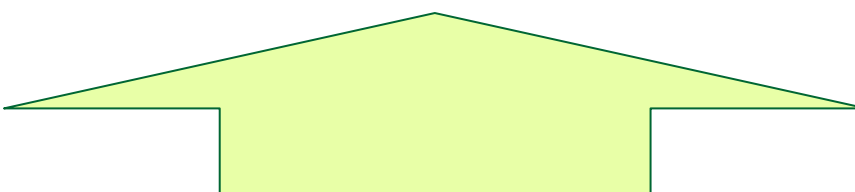
Os professores devem ser (in)formados sobre os avanços da **Ciência**, para, posteriormente, desenvolverem com os seus alunos, actividades promotoras dos conhecimentos e das práticas essenciais a um **desempenho** efectivo dos mesmos, na **preservação do ambiente**.

Para quê?

■ Promover a Literacia científica entre os jovens e crianças

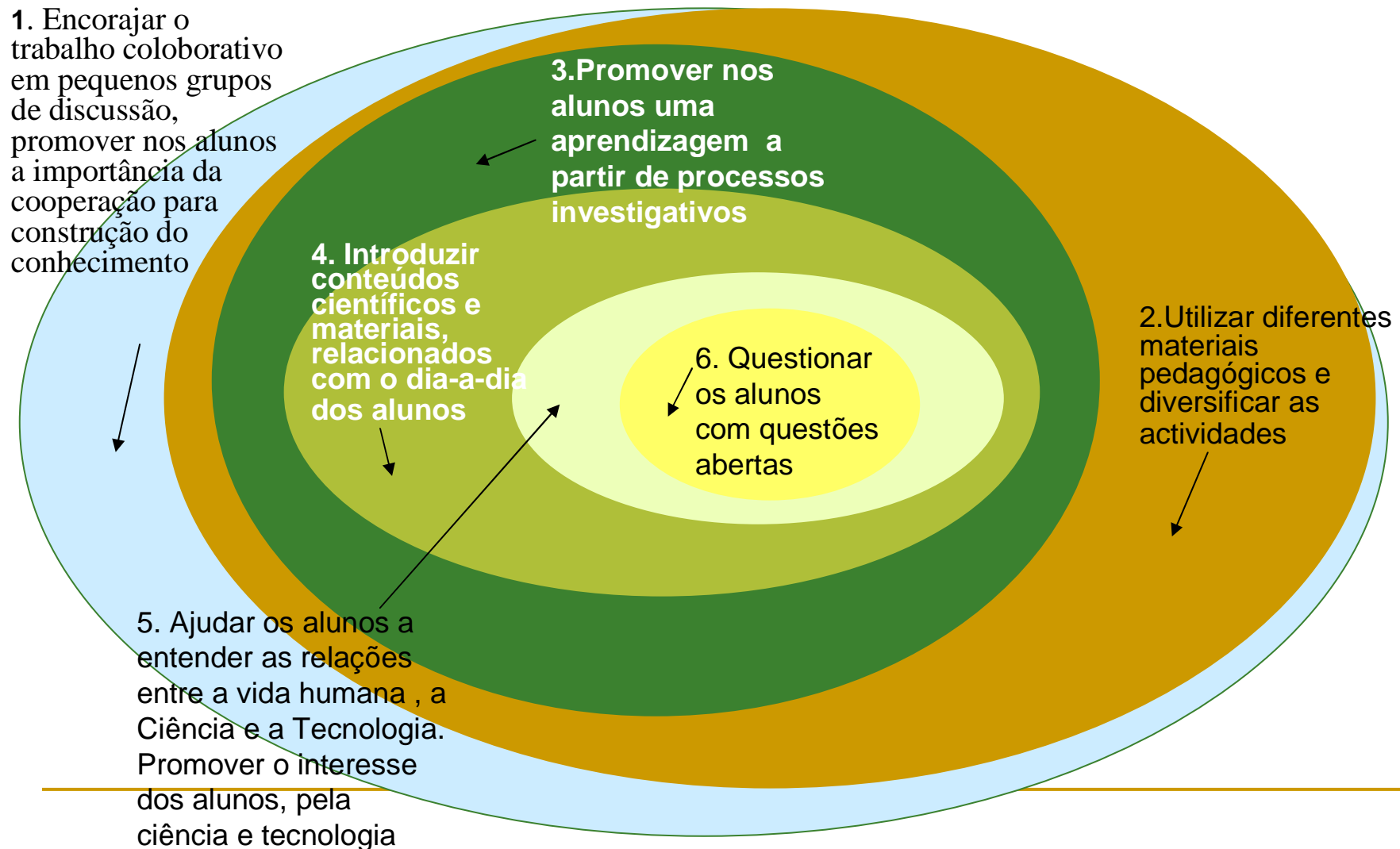
isto é,

■ **Contribuir** para que os jovens adquiram as competências e capacidades identificadas como necessárias para que os mesmos **participem efectivamente na Sociedade.**



A **literacia científica** surge como a capacidade de usar conhecimento científico para identificar questões, para estabelecer conclusões a partir de provas, com a intenção de compreender e **ajudar a tomar decisões sobre o mundo natural e sobre as modificações nele operadas** fruto da actividade humana (OECD, 2000; OECD, 2003).

Estratégias para o ensino da literacia



O que tem sido feito? (Um dos estudos)

Desde 1988 que a OCDE tem vindo a financiar investigação de base que fundamente a definição de indicadores que permitam fazer comparações válidas quanto ao rendimento dos alunos e que possam servir para ajuizar sobre a forma como os respectivos sistemas educativos **estão a preparar os jovens** para **prosseguirem aprendizagens futuras**.

Em 2000 a ênfase foi colocada sobre a Leitura, em 2003 foi sobre a Matemática e em **2006 será sobre as Ciências**.

O Que fazer ainda?

- Nas escolas estes temas actuais de CTS devem ser, por conseguinte, um **requisito indispensável** nos programas curriculares face aos avanços que a ciência têm vindo a sofrer nos últimos anos.
- Os programas devem ser orientados em torno de contextos que estabeleçam a ligação entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (*CTS*).
- Os programas devem ser orientados em torno de contextos que desenvolvam a literacia entre os jovens

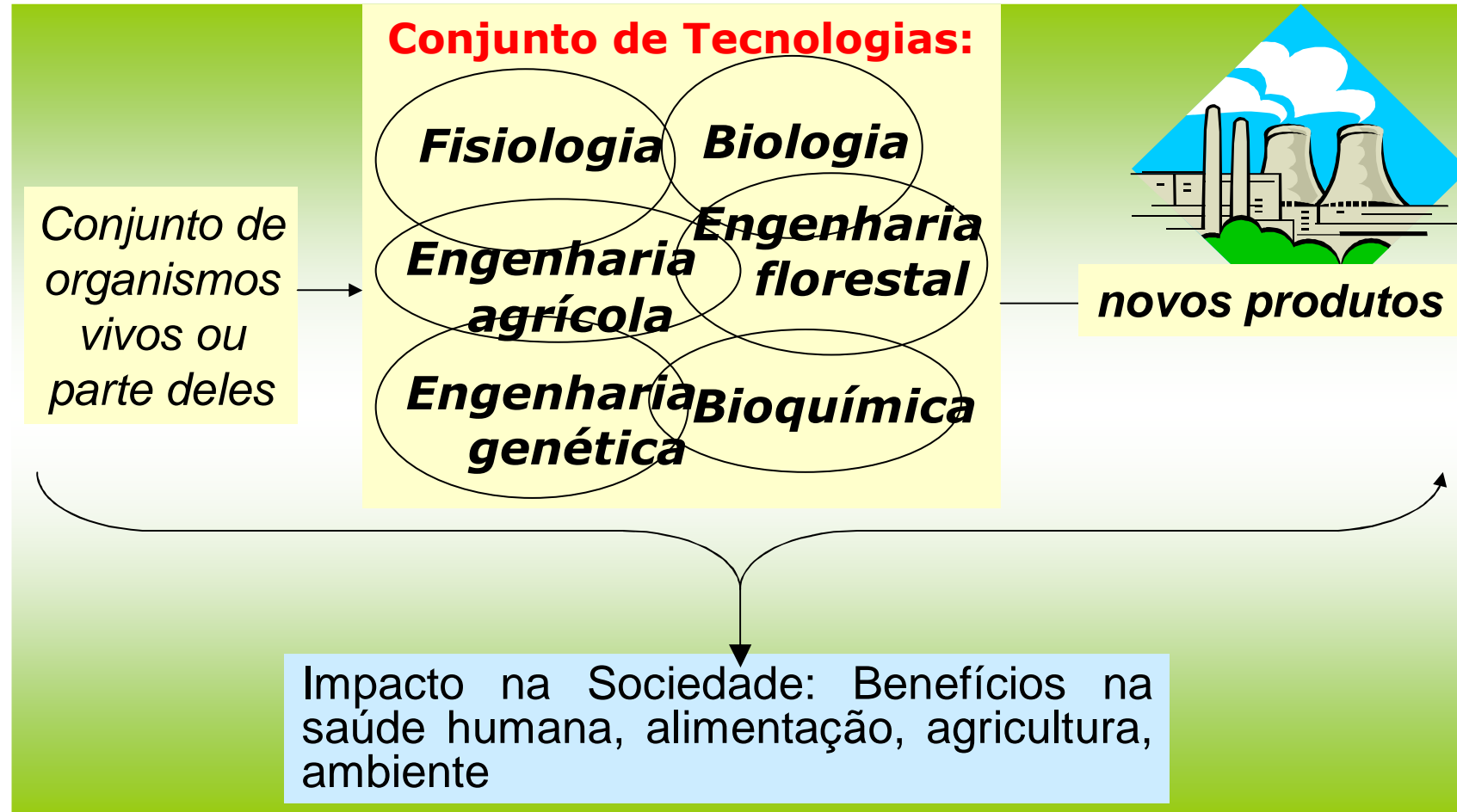
Exemplo: transposição do tema ambiente

- Os Temas de poluição ambiental são frequentemente divulgados nos *mass media* e ocorrem mesmo ao nosso redor.
 - Pensar em questões como “*Este produto é seguro?*” Ou “*como é que se sabe se determinado ambiente está poluído?*” possibilita um bom exercício na aplicação de processos científicos e questionamento de evidências
 - O tema **poluição ambiental** permite desenvolver actividades de laboratório, analisar casos de estudo, efectuar simulações, debater conceitos, actividades essas que são importantes no **desenvolvimento do pensamento científico**
 - Mesmo sem utilizar uma linguagem muito complexa para abordar o tema **poluição** (com um vocabulário elementar), os alunos compreendem conceitos como a relação entre quantidade de certa substância e o efeito
-

Exemplo: transposição do tema
Clonagem

■ Será viável, benéfico?

A clonagem insere-se numa área actual: a Biotecnologia



O que é a clonagem *in vitro* de plantas

- É uma técnica na área da **Biotecnologia** (existe desde a década de 60)
- Permite propagar plantas, via reprodução assexuada
- E consiste na reprodução de plantas a partir de sementes ou de pequenas porções de tecidos no laboratório em condições especiais

Vantagens da reprodução de plantas por clonagem *in vitro*

- Vantagens:
 - Reprodução em curto espaço de tempo
 - Não depende do ambiente externo
 - Permite propagar espécies em vias de extinção, ou espécies de interesse para a medicina, farmácia, para a agricultura e alimentação
 - Produção em larga escala (grande taxa de multiplicação)

Plantas cultivadas por clonagem *in vitro*:

- *Pinheiro, abeto, zimbro, sobreiro, videira, eucalipto, ...*
- *Todas as ornamentais: tulipas, violeta, roseira,...*
- *Plantas agrícolas: quase todas*



- E a clonagem de outros seres vivos?
- É eticamente correcto?

Papel da biotecnologia para o ser humano: segundo Norman Borlaug:
(father of the "Green Revolution," received the Nobel Peace Prize in 1970 for his lifetime
work helping feed the world's hungry)



**Maior produção de
alimentos**

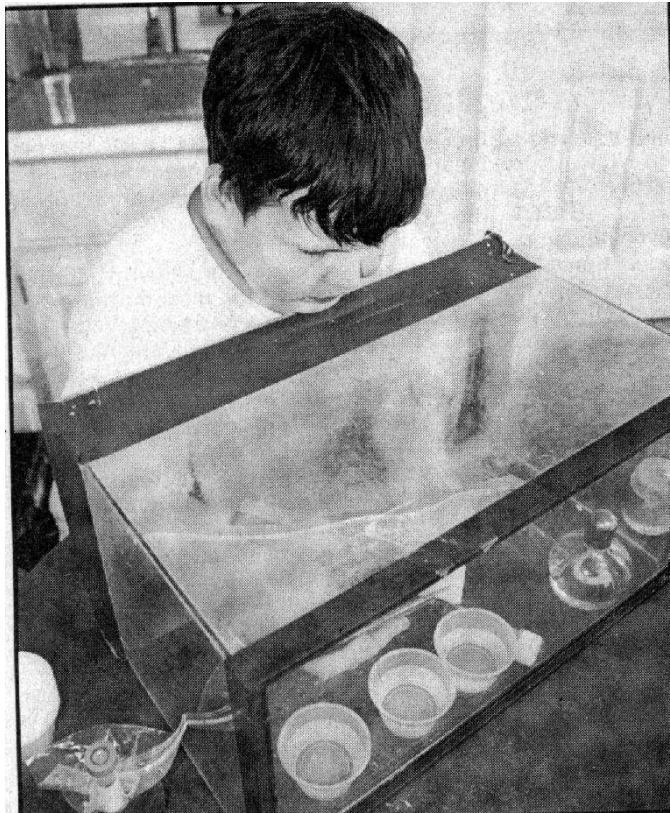
Patrick Guilfoile, Ph.D., is a Professor of Biology at Bemidji State University, MN.

- Biotechnology applications have generated many social and ethical controversies.

Some examples of biotechnology-based controversies include:

- genetically modified foods
- genetically engineering microbes for bioremediation
- **cloning whole organisms**
- embryonic stem cell research
- gene therapy
- genetic testing

Actividade já desenvolvidas nas escolas: Aquário utilizado por este aluno para realizar a clonagem de plantas



Aluno de 6
anos de idade,
EUA **1997**

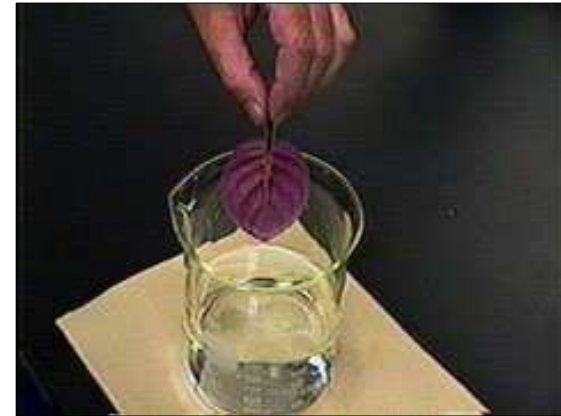
Material (algum) e equipamento necessário



Frascos utilizados



Panela de pressão
para esterilização



Água com lixívia para desinfecção



Meios de cultura
(solução nutritiva com gelificante)

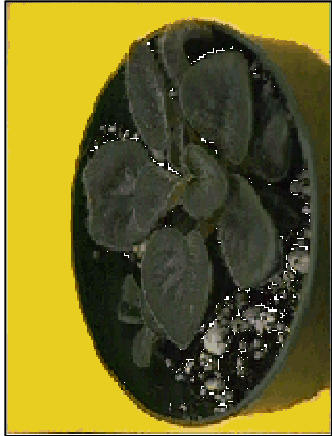


Material vegetal ao ser cortado com
a ajuda de um bisturi e de uma pinça

Germinação dos rebentos



Rebentos transplantados para o solo:



Presença de contaminantes/poluentes

**Tenha cuidado com os
alimentos que ingere!**
(nitratos, pesticidas, metais)



Exemplo de metais tóxicos

- Al** ➤ Aluminum (Al)
- As** ➤ Arsenic (As)
- Cd** ➤ Cadmium (Cd)
- Co** ➤ Cobalt (Co)
- Pb** ➤ Lead (Pb)
- Hg** ➤ Mercury – Inorganic (Hg)
- Hg-CH₃** ➤ Mercury – Organic (Hg-CH₃)
- Ni** ➤ Nickel (Ni)
- Sn** ➤ Tin (Sn)

Aspectos da contaminação:

Dose / Resposta

Perigo + Exposição = Risco

Susceptibilidade individual

Contudo em pequenas doses tem efeitos benéficos:

Um grupo pequeno de metais é utilizado na Medicina, Farmácia:

Bi ➤ Bismuth (Bi)

F ➤ Fluoride (F)

Ga ➤ Gallium (Ga)

Au ➤ Gold (Au)

Li ➤ Lithium (Li)

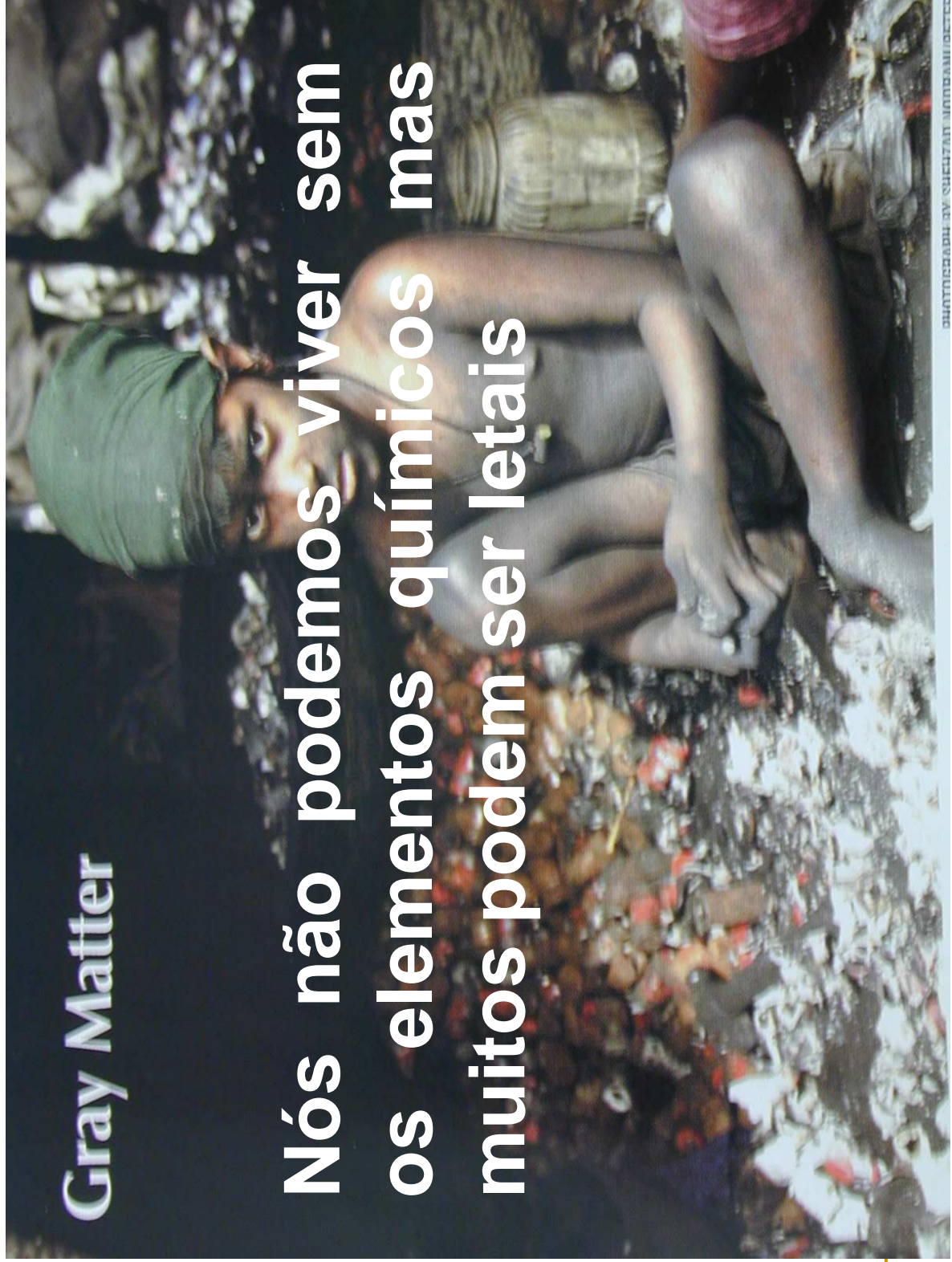
Pt ➤ Platinum (Pt)

Exemplo do Fluor (F)

- **Utilidade – protecção dos dentes**
- **Fonte – água, alimentos**
- **Absorção – intestino**
- **Toxicidade – excesso causa doença dentária (fluorosis)**
- **Factos – nível na água potável entre 0.5 to 1.5 ppm, 3 ppm afecta os dentes**

Gray Matter

**Nós não podemos viver sem
os elementos químicos mas
muitos podem ser letais**



Ex.: Atividades sobre o tema contaminação ambiental nas escolas



Clonagem *in vitro*

Propagação de plantas



(recorre-se da totipotência:
característica das células vegetais)

Questões sobre clonagem

- **1 -** A clonagem é um termo utilizado: desde quando?
- **2 -** Sendo a clonagem um método reprodutivo de obtenção de novos seres:
 - a)É efectuada de uma forma natural sem intervenção do homem
 - b)É efectuada apenas *in vitro* em laboratório
 - c)É efectuada das duas maneiras
- **3 -** A clonagem aplica-se:
 - a)Aos animais em geral
 - b)Apenas ao homem
 - c)Ao homem e alguns animais
 - d)A microrganismos, plantas e animais
- **4 -** A clonagem em plantas ocorre:
 - a)Pelo método da reprodução assexuada
 - b)Pelo método de reprodução sexuada

O que é a micropropagação

- É uma técnica na área da Biotecnologia
- Pode ser uma via para clonar plantas
- E consiste na propagação de plantas a partir de sementes ou de pequenas porções de tecidos no laboratório em condições estéreis e, em meios de cultura específicos.

Vantagens da micropropagação vegetal

- Vantagens:
 - Propagação em curto espaço de tempo
 - Não depende do ambiente externo
 - Permite propagar espécies em vias de extinção, ou espécies de interesse medicinal, farmacêutico, na agricultura ou para alimentação
 - Produção em larga escala (grande taxa de multiplicação)

Papel da biotecnologia para o ser humano:

segundo Norman Borlaug: (father of the "Green Revolution," received the Nobel Peace Prize

in 1970 for his lifetime work helping feed the world's hungry)

- **Biotechnology** will help countries accomplish things that they could never do with conventional plant breeding: more food production
- The technology is more precise and farming becomes less time consuming.
- The public needs to be better informed about the importance of **biotechnology** in food production so it won't be so critical.
- You have to start with the crops that are the most basic to the country and apply technology to it so you can double or triple the yield -



Council for Biotechnology Information (CBI) (May 9, 2005) WASHINGTON, D.C.

- Farmers Recognize the Planting of the One-Billionth Acre of Biotech Crops
 - Global acceptance and adoption of biotechnology continues to grow: Over time, the number of farmers planting biotech crops has increased to 8.25 million in 17 countries.



Patrick Guilfoile, Ph.D., is a Professor of Biology at Bemidji State University, MN.

- Biotechnology applications have generated many social and ethical controversies.
- In a **biology classroom**, I think the best approach is to help students understand the information behind developments in biotechnology so they can develop a fact-based understanding of the potential benefits and risks associated with these techniques.
Some examples of biotechnology-based controversies include:
 - genetically modified foods
 - genetically engineering microbes for bioremediation
 - **cloning whole organisms**
 - embryonic stem cell research
 - gene therapy
 - genetic testing

Violeta africana **(*Saintpaulia ionantha*)**



Clones



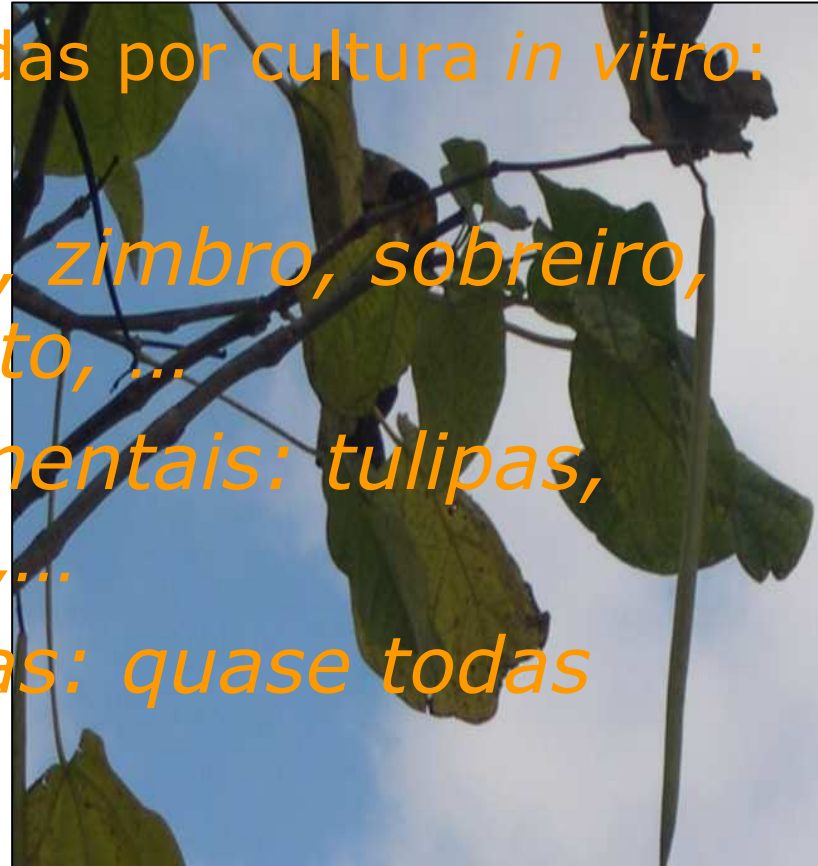
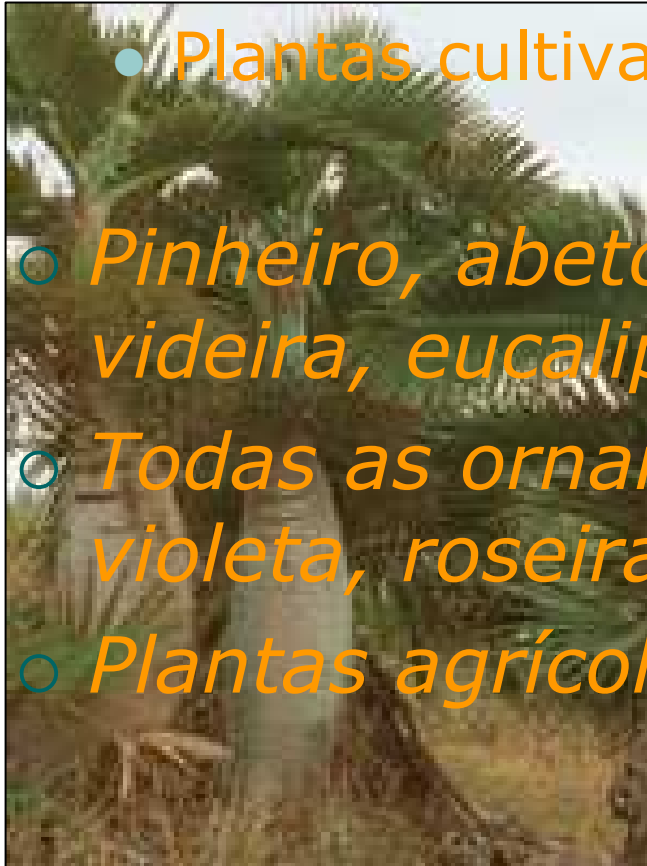
Figure 1. A natural clone. Nature has been "cloning" for eons. Whenever a plant reproduces itself vegetatively it produces a clone.

Materiais e equipamento para micro-propagação

- Meio de cultura nutritivo (água, açúcar e sais minerais)
- Local asséptico: câmara ou aquário
- Álcool, lixívia
- Material para dissecação estéril
- Frascos de cultura
- Local da estufa com temperatura e luz adequada

Plantas utilizadas

- Plantas cultivadas por cultura *in vitro*:
 - *Pinheiro, abeto, zimbro, sobreiro, videira, eucalipto, ...*
 - *Todas as ornamentais: tulipas, violeta, roseira, ...*
 - *Plantas agrícolas: quase todas*



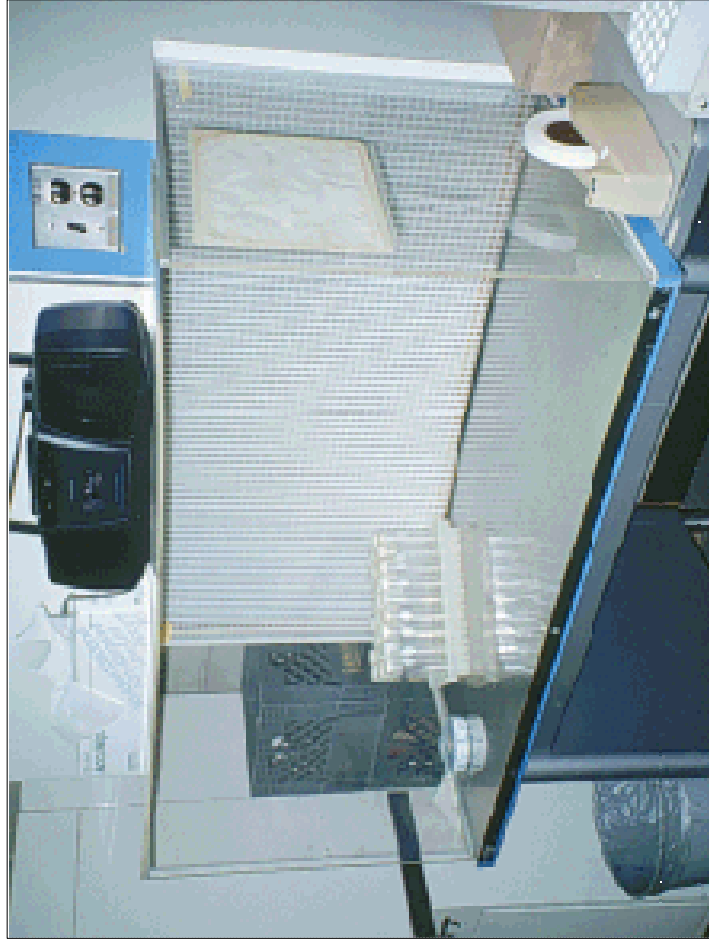
Tenda utilizada como câmara de assépsia em certos locais



Aquário utilizado como câmara por este aluno



Câmara utilizada numa Escola secundária



Material e equipamento necessário

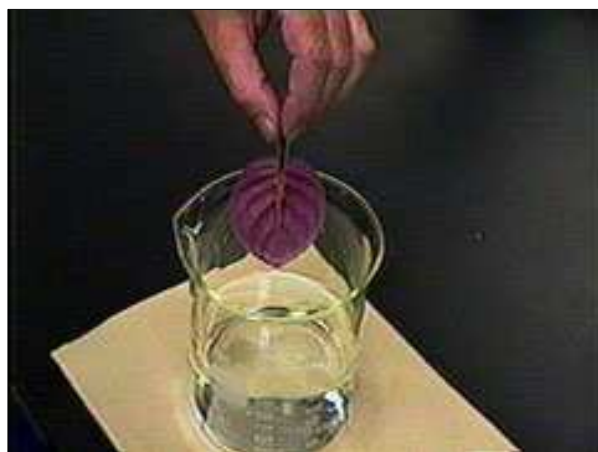


Frascos utilizados



Panela de
pressão para
esterilização

Outro material e soluções utilizadas



Lixívia para
desinfecção



Placa térmica para maior
diluuição do meio

Dissecação do material



Material vegetal ao ser cortado
com a ajuda de um bisturi e de
uma pinça

Material com rebentos germinados



Rebentos já com raiz:



Rebentos com maior desenvolvimento das folhas



Rebentos separados:



Rebentos transplantados para o solo:



Estufas com plantas obtidas por cultura *in vitro*:



Actividade na Escola de Ensino Básico de Nelas: 6º ano de escolaridade



Actividade desenvolvida numa das escolas de Ensino Básico



Passagem por álcool do exterior dos frascos



Inoculação do material vegetal



Inoculação do material vegetal



Passagem por álcool do exterior dos frascos



Passagem à chama da abertura do frasco



Inoculação do material vegetal

Índice

1. Introdução	3
2. Revisão de literatura	6
2.1. O estado da ciência	6
2.2. Ensino CTS	7
2.3. Trabalho experimental e perspectiva construtivista	10
3. Primeira etapa do percurso investigativo	13
4. Segunda etapa do percurso investigativo	16
5. Terceira etapa do percurso investigativo	31
6. Bibliografia	35

1. Introdução.

Acordar cedo de manhã, principalmente num dia de trabalho, é sempre um sacrifício. Mas o melhor momento é quando me sento à mesa da cozinha e coloco os cereais na tigela, junto do leite e saboreio sossegadamente o seu sabor.

- “Espera, que símbolo é este?”

Nem de propósito, no dia seguinte, lia no jornal “Portugal prepara-se para a chegada do milho transgénico”. O que é isso? O que sei sobre isso? O que os meus alunos, que comem cereais como eu todos os dias, sabem sobre isso?

Curriculum nacional do Ensino Básico – Competências essenciais, DEB 2001

A sociedade actual, e não apenas a portuguesa, mas genericamente a nível global está em constante mudança, progresso e confronto com ideias tradicionais e os valores enraizados, e novos conceitos, novas tecnologias, novas descobertas, novos avanços. É neste contexto que o ensino e a educação têm um papel preponderante. Desta forma, a escola tem tido grandes dificuldades em adaptar-se ou responder às novas necessidades da sociedade e dos alunos. Desta forma as novas exigências da sociedade “não se coadunam com um ensino em que as ciências são apresentadas de forma compartimentada, com conteúdos desligados da realidade, sem uma verdadeira, sem uma verdadeira dimensão global e interligada”.

Neste sentido, a escola e o ensino devem contribuir de uma forma integral para a formação de alunos, jovens e futuros cidadãos participativos, esclarecidos, conscientes e críticos em relação a tudo o que os rodeia. Assim, “o papel da Ciência e da Tecnologia no nosso dia-a-dia exige uma população com conhecimento e compreensão suficientes para entender e seguir debates sobre temas científicos e tecnológicos e envolver-se em questões que estes temas colocam, quer para eles como indivíduos quer para a sociedade como um todo”. Os conhecimentos científicos não devem ser encarados de uma forma distante e estanques, devendo também o ensino das Ciências, motivar, despertar a curiosidade, promover o interesse pelas Ciências, compreender de uma forma geral as ideias e as estruturas da Ciência e os fundamentos dos procedimentos científicos, ter noção do impacto e a influência da Ciência e da Tecnologia no nosso ambiente e na

nossa cultura, de que forma contribuem e inferem no nosso comportamento e na nossa visão da sociedade e da Ciência.

Agência Europeia do Ambiente – Sinais ambientais 2004

Os Sinais Ambientais da Agência Europeia do Ambiente são relatórios anuais que procuram explorar algumas questões a nível do impacto de vários sectores como a agricultura, transportes ou energia, no ambiente europeu. A sua grande preocupação é apresentar preocupações e soluções para o desenvolvimento sustentável da Europa. No ano de 2004, o relatório apresenta algumas preocupações como as alterações sociais na Europa onde se estima um aumento da população europeia pelo menos até 2020. Mas onde também compara com o aumento da população mundial e se pode constatar que esse registará um aumento muito mais significativo pelo menos até 2050. Neste sentido, será premente que a Ciência e a Tecnologia encontre formas e alternativas para poder criar condições para alimentar todas as pessoas.

Também, refere que se corre o risco de uma intensificação da produção agrícola e uma ameaça da biodiversidade, apontando como um aspecto positivo o aumento da área agrícola biológica. A agricultura biológica não utiliza fertilizantes químicos nem pesticidas, assentando na utilização de estrume animal, na rotação de culturas e em práticas de cultivo apropriadas para aumentar a fertilidade do solo e combater as pragas e doenças nas plantas, e reduz o risco de poluição da água com nitratos, contribuindo, em geral, para a promoção da vida selvagem.

UNESCO

Várias as organizações mundiais, que procuram e evidenciam preocupações para um desenvolvimento global e sustentável. As Nações Unidas, estabeleceram a década de 2005-2014, como um período para a promoção da Educação para a Sustentabilidade, sendo a principal meta promover a “aprendizagem/vivência de saber, saber viver em comum, saber fazer e saber ser, indispensáveis a uma efectiva participação individual e comunitária, na tomada de decisões e implementação de práticas que visem a construção de um futuro sustentável, tomando em consideração as dimensões ambiental, social e económica. Eram também apresentadas algumas sugestões tendo em conta a especificidade europeia e nacional, como “a promoção da sustentabilidade ecológica e

da conservação da natureza”, assim como a “cooperação transfronteiriça e europeia para a sustentabilidade”, de forma a promover um maior e melhor desenvolvimento económico, tendo em conta sempre o ambiente.

O objecto de estudo deste trabalho investigativo é os alimentos transgénicos, também designados por Organismo Geneticamente Modificados (OGM). Cada vez mais se ouvem notícias sobre o aparecimento e produção de produtos transgénicos. Serão eles benéficos, podem eles substituir os alimentos tradicionais, o que dizem os agricultores, e os consumidores? O que sabe a sociedade? O que queremos que os nossos alunos saibam?

Os OGM's são um tema actual, a biotecnologia é uma área em expansão, podendo ser englobada no currículo escolar do ensino básico, na disciplina de Ciências da Natureza no 2º ciclo, no tema de reprodução das plantas, permitindo além de explorar a própria reprodução das plantas de uma forma tradicional, explorar as novas técnicas de reprodução que a tecnologia agora permite, e discutir sobre a relação da tecnologia e a ciências e que implicações trás para a sociedade e para o ambiente.

2. Revisão da literatura.

2.1. O estado da ciência.

O actual *ethos* da ciência sofreu uma mudança em relação à visão antiga e tradicional da ciência, pretendendo que cada vez mais o ensino das ciências seja realizado de uma forma mais humanista e em relação com a sociedade, a tecnologia e o ambiente. Já não se procura que os jovens conheçam e reproduzam conhecimentos, conceitos e experiências envolvendo o método científico de uma forma metódica, mas repetitiva, mas sim que questionem, que reflectam e explorem não só os conhecimentos e os conceitos, mas também as suas implicações na sociedade, que relacionem as ligações da ciência e da tecnologia, que impactos produzem na sociedade e no ambiente, que sejam críticos e construam uma consciência interventiva.

Desta forma, o tema tratado com este percurso investigativo procura encaixar-se nesta visão, em que mais do que um mero conhecimento do que são OGM's e que técnicas existem para a sua produção, também haja uma reflexão sobre as suas implicações, os seus benefícios e os seus prejuízos, que consequências sociais, económicas e ambientais se concretizam.

Tendo em conta a dimensão conceptual do currículo escolar, procura-se que este percurso investigativo contribua para uma educação em ciências (sobre os conceitos de reprodução de plantas, técnicas de reprodução), uma educação em ciências (sobre os organismos geneticamente modificados e as suas consequências sociais, económicas e ambientais) e pelas ciências (em que através de um tema de Ciências da Natureza e de uma forma transversal, se procura formar cidadãos conscientes e participativos, capazes de criticar, discutir e argumentar temas da ciência, de uma forma geral contribuir para a sua formação global).

2.2. Ensino CTS.

O ensino CTS tem a sua origem há cerca de três décadas, a partir de novas correntes de investigação em filosofia e sociologia das ciências, com um incremento da sensibilidades social e institucional sobre a necessidade uma regulação democrática da relação científico-tecnológica.

Neste campo, trata-se de entender os aspectos sociais do fenómeno científico-tecnológico, tanto no que respeita às suas condições sociais como no que respeita às suas consequências sociais e ambientais.

O foco geral é de índole interdisciplinar, concorrendo com as disciplinas das ciências sociais e a investigação académica em humanidades como a filosofia e a história das ciências e da tecnologia, a sociologia do conhecimento científico, a teoria da educação e a economia do evolução tecnológica.

O ensino CTS define hoje um campo de trabalho bem consolidado institucionalmente em universidades, centros educativos e administrações públicas de números países industrializados.

Entre os principais objectivos sociais do ensino CTS, referidos pela Organização de Estados Ibero-americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura, encontram-se:

- A promoção da alfabetização científica, mostrando a ciência como uma actividade humana de grande importância social, como sendo uma parte da cultura geral das sociedades democráticas modernas;
- Estimular ou consolidar entre os jovens a vocação pelo estudo das ciências e da tecnologia, contribuindo para uma maior independência de juízo e um sentido de maior responsabilidade crítica;
- Favorecer a aquisição e consolidação de atitudes e práticas democráticas em questões de importância social relacionadas com a inovação tecnológica ou a intervenção ambiental.
- Propiciar o compromisso respeito à integração social das mulheres e minorias, assim como o estímulo para uma atitude respeitosa com o meio ambiente e equilibrada em relação a gerações futuras;

- Contribuir para esbater o crescente abismo entre a cultura humanista e a cultura científico-tecnológica que fractura as nossas sociedades.

Com bastante frequência, vão surgindo notícias relacionadas com os mais variados temas das ciências da natureza, das tecnologias, temas esses que suscitam o interesse público e abrem debates sociais que ultrapassam a compreensão tradicional acerca das relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Antes a ciência era considerada como o modo de decodificar os aspectos essenciais da realidade, de revelar as leis que a governam em cada parcela do mundo natural ou do mundo social. Nessa consideração clássica, a ciência e a tecnologia estariam afastadas de interesses, opiniões ou valores sociais, deixando os seus resultados ao serviço da sociedade, para que esta decidisse o que fazer com eles. Salvo interferências alheias, a ciência e a tecnologia promoveriam, portanto, o bem-estar social ao desenvolver os instrumentos cognoscitivos e práticos para propiciar uma vida humana sempre melhor. (Bazzo, 2003)

Em Portugal assiste-se actualmente a uma reorganização curricular do Ensino Básico, onde se realça, no caso das disciplinas de ciências, a grande preocupação em relacionar e estabelecer uma contínua interacção entre a ciência, a tecnologia e a sociedade. Tal preocupação é enunciada no Currículo Nacional das Competências Essenciais do Ensino Básico, quando refere que, devido à nossa avançada sociedade tecnológica, se pretende a formação de “uma população com conhecimento e compreensão suficientes para entender e seguir debates científicos com interesse e envolver-se nas questões que a ciência e a tecnologia colocam, quer para eles como indivíduos quer para a sociedade como um todo.” (DEB, 2001)

Esta visão advoga um ensino das ciências que ultrapasse uma aprendizagem de factos e de teorias e que tenha sobretudo interesse e utilidade para os alunos. Acentua a abordagem do conhecimento científico e/ou tecnológico não como um fim em si mesmo, mas como um meio para a resolução de problemas pessoais e/ou sociais. Neste quadro, a educação em ciências deve atender às inter-relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, procurando levar os alunos a compreenderem os valores sociais e, ao mesmo tempo, conhecerem a realidade, pensarem por eles próprios e a agirem para o melhoramento do mundo que os rodeia.

Tendo em consideração estas novas orientações é também de realçar a meta para o ensino das Ciências, que passa, sem dúvida, pela formação de indivíduos cientificamente literados, a sociedade deixou de precisar de uma elite científica para dar lugar a uma sociedade que necessita de literacia científica. (Loureiro, 2004)

À luz destas novas orientações, é dada especial ênfase ao trabalho experimental, podendo mesmo ler-se, em alguns documentos oficiais (relacionados com os currículos nacionais ou com a revisão curricular em curso), a expressão “obrigatoriedade do ensino experimental nas ciências”. Desta forma, coloca-se em lugar de destaque o trabalho experimental, pelo que pretende-se que este trabalho experimental seja uma parte essencial das actividades dos alunos quando estudam ciências, isto logo desde os primeiros anos de escolaridade, como forma de desenvolver as suas competências científicas, bem como de promover o desenvolvimento do raciocínio, do pensamento crítico, da auto-aprendizagem e da capacidade de resolver problemas.

2.3. Trabalho experimental e perspectiva construtivista.

O conceito de trabalho experimental é muitas vezes confundido com outros tipos de trabalho prático e, por isso, importa aqui fazer as devidas distinções entre diferentes tipos de abordagem.

Hodson (1988) tentou distinguir os significados dos termos “trabalho prático”, “trabalho laboratorial” e “trabalho experimental”. Mais tarde, outros autores associaram o “trabalho prático” a “trabalho laboratorial”, contribuindo para que ainda hoje muitos agentes educativos continuem a usar os dois conceitos indistintamente.

Tendo por base Hodson (1998), Laurinda Leite (2001) faz uma distinção entre os diferentes tipos de trabalho, tentando ilustrá-los com exemplos.

✖ Trabalho Prático

É o conceito mais geral e inclui todas as actividades que exigem que o aluno se encontra envolvido de uma forma activa. Pode incluir actividades laboratoriais, trabalhos de campo, actividades de resolução de exercícios ou de problemas de papel e lápis, utilização de um programa informático de simulação, pesquisa de informação na Internet, realização de entrevistas a membros da comunidade, etc.

✖ Trabalho Laboratorial

Inclui actividades que envolvem a utilização de materiais de laboratório (mais ou menos convencionais). Apesar destes materiais também poderem ser utilizados nas actividades de campo, as actividades laboratoriais realizam-se num laboratório ou, à falta deste, e desde que não se coloquem problemas de segurança, numa sala normal, enquanto que as actividades de campo decorrem ao ar livre, onde se dão os fenómenos ou onde existam os materiais que se pretendem estudar.

✖ Trabalho Experimental

Inclui actividades que envolvem controlo e manipulação de variáveis e que podem ser laboratoriais, de campo ou outro tipo de actividades práticas.

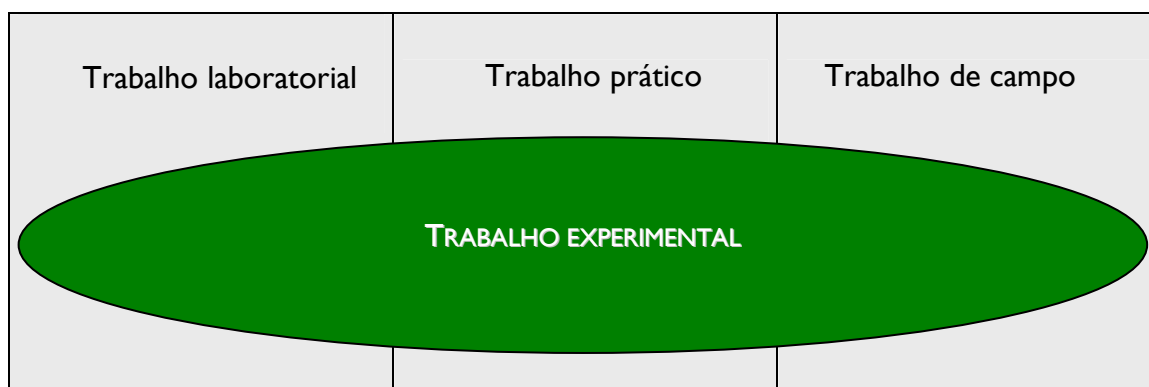
Desta forma, constata-se que o critério no qual se baseia a distinção entre actividades experimentais e actividades não experimentais se relaciona com a necessidade, ou não, de controlar e manipular variáveis. Por outro lado, o critério que

permite distinguir as actividades laboratoriais das actividades de campo está relacionado com o local onde a actividade tem lugar. Em alguns casos, pode-se estudar a influência de um mesmo factor sobre um dado fenómeno tanto em laboratório, em condições artificiais, como no campo, em condições naturais, havendo, no primeiro caso, a possibilidade de um controlo e de uma manipulação de variáveis mais rigorosos.

Combinando os dois critérios referidos anteriormente, podem obter-se actividades laboratoriais de carácter experimental, que requerem materiais de laboratório como o controlo e a manipulação de variáveis e que permitem, por exemplo, o estudo da influência de um determinado factor sobre um dado fenómeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis.

As actividades laboratoriais podem, no entanto, não ser de carácter experimental, podendo ser tão simples como identificar determinados reagentes pelo cheiro, fazer observações e medições, de peso ou de comprimento, aprender a utilizar um determinado aparelho, desenvolver certas capacidades, ou simplesmente aprender uma determinada técnica laboratorial.

O esquema seguinte, adaptado por Laurinda Leite (2001) do proposto por Hodson (1998), apresenta as relações referidas anteriormente.



Esquema 1 – Relação entre trabalho laboratorial, trabalho prático, trabalho de campo e trabalho experimental.

Embora muitas actividades laboratoriais tenham o seu interesse e valor didáctico, apenas algumas se enquadram num contexto de problematização de uma situação real.

Um problema inclui sempre um obstáculo ou uma dificuldade que é necessário ultrapassar no sentido da sua resolução, cuja estratégia não é conhecida. Desta forma, no contexto laboratorial, só poderão ser consideradas actividades de natureza investigativa aquelas em que o aluno é confrontado com uma situação problemática, exigindo que ele faça previsões acerca desse problema, que proceda à planificação de uma ou mais estratégias de resolução que permitam testá-las, que faça uma implementação dessas estratégias e que analise os dados recolhidos no sentido de encontrar a resposta a esse problema, a qual poderá ou não estar de acordo com as previsões iniciais feitas no início.

Se, por um lado, as actividades de carácter investigativo são mais morosas, tornando-se muitas vezes incompatíveis com a necessidade de cumprir os programas escolares, por outro lado, são indubitavelmente as que promovem a aprendizagem de um maior número de conteúdos procedimentais e o desenvolvimento de um maior número de competências. Neste contexto, estas actividades são ainda as que permitem desenvolver uma imagem mais adequada dos processos de construção do conhecimento nos laboratórios de investigação, permitindo aos alunos irem aprendendo a fazer ciência, tal como os cientistas.

As actividades de carácter investigativo nem sempre podem ser identificadas como actividades experimentais, uma vez que existem investigações em que não há necessidade de controlar e manipular variáveis, e que podem ser laboratoriais, de campo ou de outra natureza.

3. Primeira etapa do percurso investigativo.

A – Objecto de estudo (caracterização)

Qual é?

Produtos transgénicos ou organismos geneticamente modificados.

O porquê?

Cada vez mais se ouvem notícias sobre o aparecimento e produção de produtos transgénicos. Serão eles benéficos? Podem eles substituir os alimentos tradicionais? O que dizem os agricultores? E os consumidores? Quem está contra, quem está a favor?

B – Problematização (identificação dos problemas)

Problema 1:

O que são produtos transgénicos ou organismos geneticamente modificados?

Problema 2:

Como se podem produzir ou que técnicas existem para os produzir?

Problema 3:

Será que os produtos transgénicos podem substituir os produtos tradicionais?

C – Desenho do plano de investigação

Como vou solucionar os problemas?

Globalmente, investigando a bibliografia e investigações já existentes.

Que práticas irei desenvolver para cada um?

Para o problema 1:

- investigar sobre o que são produtos transgénicos ou organismos geneticamente modificados, utilizando a Internet e outras fontes disponíveis, procurando saber que produtos também são produzidos e que são possíveis de produzir.

Para o problema 2:

- investigar quais as técnicas que os cientistas e produtores utilizam para produzir organismos geneticamente modificados, quais são possíveis de reproduzir numa sala de aula e quais as características de cada uma.

Para o problema 3:

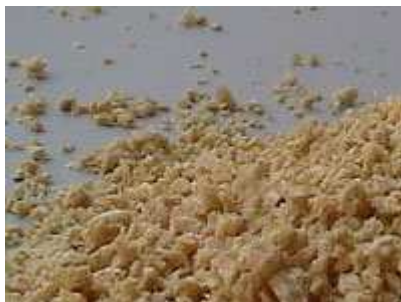
- pesquisar sobre as características dos produtos transgénicos, as questões éticas que levantam a sua produção e utilização, quais as vantagens e desvantagens, que associações os defendem e quais estão contra, e de que forma a sua discussão na sala de aula contribui para a formação científica, ambiental e cívica, para a cidadania e uma formação de uma sociedade ecológica e ambiental.

D – Etapas, sequenciadas, do plano

- Pesquisa bibliográfica sobre produtos transgénicos ou organismos geneticamente modificados; biotecnologia e técnicas de transformação genética de organismos;
- Resposta ao primeiro problema e resumo do enquadramento teórico;
- Pesquisa sobre debates, notícias, questões éticas, vantagens e desvantagens;
- Elaboração de um mapa de conceitos, organizador dos conceitos e de todo o material pesquisado até à altura;

- Resposta ao segundo problema e verificação da pertinência dos problemas levantados, formulação (se necessário) de novos problemas e definição das actividades a desenvolver na sala de aula e com os alunos;
- Com base nos novos problemas levantados anteriormente e nas actividades propostas enquadrá-las no terceiro problema;
- Construção do protocolo experimental;
- Resposta ao terceiro problema.

4. Segunda etapa do percurso investigativo.



O que são os alimentos transgénicos?

São organismos geneticamente modificados (OGM), porque lhes foram adicionados genes de outra espécie, de forma a conferir-lhes uma característica que antes não tinham. Os avanços da ciência permitem transferir genes do ADN de um ser vivo para outro. Os genes que são transferidos para outro ser vivo passam a chamar-se transgenes.

Porque são utilizados?

Uma das razões tem a ver com o facto de permitir uma maior resistência das plantas a pragas. Uma planta transgénica tem um gene tóxico que normalmente mata os insectos.

Em que alimentos podem existir transgénicos?

Os exemplos mais comuns são o milho, a soja e seus derivados. A soja está em cerca de 60% de todos os alimentos processados. O milho, que aparece sob a forma de amido, está também numa percentagem muito grande. Por isso, cereais, bolachas, chocolates, hamburguers e pizzas podem ter transgénicos.

Por outro lado, leite, carne e ovos podem ter transgénicos, caso o gado tenha sido alimentado com rações transgénicas. Nesta situação, o ser humano é também consumidor de transgénicos, ainda que indirectamente.

A rotulagem é obrigatória?

Por norma europeia, todos os alimentos com mais de 1% de transgenes devem referir a frase “este produto contém organismos geneticamente modificados”.

A regulação central sobre transgénicos na UE está estabelecida na Directiva do Parlamento Europeu e do Conselho n.º 2001/18/CE, relativa à libertação deliberada no

ambiente de organismos geneticamente modificados (OGM). Esta Directiva tem sofrido alterações e veio revogar a de 90/220/CEE, a partir de 17 de Outubro de 2002.

Uma dessas alterações foi feita pelo Regulamento n.º 1830/2003/CEE, de Setembro de 2003, relativo a rotulagem de OGM e rastreabilidade de alimentos para consumo humano e animal. É em relação à rotulagem que a directiva 2001/18/CE estabelece novas normas de informação ao consumidor. O rótulo de um OGM passa a ter de conter a frase “este produto contém organismos geneticamente modificados”.

No entanto, é só obrigatório aos produtos com mais de 1%. Neste caso, considera-se que houve uma contaminação accidental.



A Directiva 2001/18/CE foi transposta para o ordenamento jurídico português pelo Decreto-Lei n.º 72/2003, de 10 de Abril, que “regula a libertação deliberada no ambiente de OGM”.

Portugal produz transgénicos?

Já produziu milho transgénico em 1999. Agora, só importa. Da União Europeia, a Espanha é o país que produz transgénicos em maior quantidade. Mas existem outros países europeus que produzem em menor quantidade. Os EUA são os maiores produtores mundiais de transgénicos.

Os transgénicos são a solução para o problema da fome no Mundo?

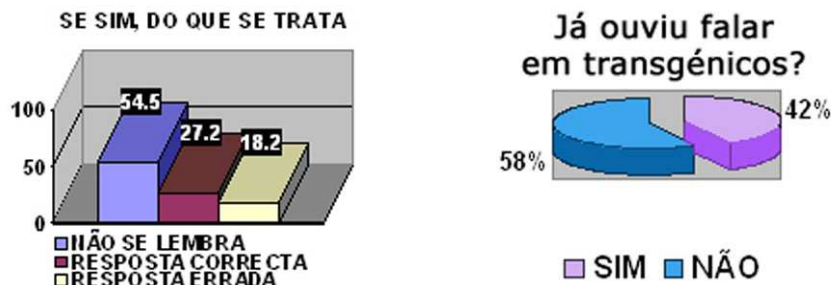
Existem duas posições sobre esta situação.

Alguns autores dizem que sim, garantindo que os OGM possibilitam uma agricultura mais rentável e produtiva, com uma maior variedade de produtos, mais resistentes a pragas, reduzindo o dinheiro gasto em pesticidas. Acrescentam que podem ser cultivados em solos que normalmente não estão aptos a ser cultivados. Por outro lado, existem outros autores que defendem que o problema da fome no Mundo está relacionado com desigualdades sociais e económicas, pelo que os OGM não são solução.

O que sabem os portugueses sobre produtos transgénicos?

Um inquérito realizado pelo JornalismoPortoNet revela que quase 90% dos portugueses não sabe o que são transgénicos. Muitos referem que já ouviram falar, mas não sabem do que se trata. Só 11,5% dos portugueses sabem exactamente o que são transgénicos. Mais de metade dos inquiridos nunca ouviu falar sobre o tema. Daqueles que já

ouviram, 54,5% não se lembram do que se trata e 18,2% dão uma resposta errada. Num inquérito de rua, ouviram-se respostas como “são alimentos clonados” ou “isso tem a ver com política”.



Os resultados são ainda mais preocupantes se analisarmos a variável sexo. É que todos os inquiridos que sabem correctamente o que são os transgénicos são mulheres, numa faixa etária entre 20 e 45 anos. 53,8% dos homens nunca ouviram falar em transgénicos e, dos que ouviram, nenhum sabe do que se trata.

Em relação à forma como ouviram falar dos transgénicos, 45,5% dos inquiridos dizem que a televisão foi a principal fonte de informação sobre o tema. 40,9% referem a imprensa. Nenhum dos inquiridos recebeu informação sobre transgénicos através da rádio, internet ou de colegas, amigos e familiares.

São estes os resultados de um inquérito, realizado no dia 17 de Março de 2004, na Rua de Cedofeita, Porto, a 52 pessoas. (Jornalistas Carla Sousa e Daniel Vaz)

A comunidade científica não tem uma posição uniforme em relação ao tema. Uns defendem os transgénicos. Outros condenam. Existem aqueles que defendem os transgénicos, dizendo que os avanços científicos implicam riscos. Acrescentam que o valor nutricional dos alimentos pode ser melhorado e dizem também que os transgénicos podem resolver a questão alimentar dos países menos desenvolvidos, por permitirem uma maior produtividade. Depois, existem aqueles que estão contra os transgénicos, apontando-lhes muitos inconvenientes. Como a inexistência de estudos que mostrem os seus efeitos nos seres humanos. A contaminação dos solos é outra das preocupações. Experiências demonstram que a toxina Bt do milho geneticamente modificado passa para o solo, onde permanece durante anos. A biodiversidade está também em causa, garantem os ambientalistas. Os genes da planta geneticamente

modificada matam os insectos que a comem. Mas há experiências que mostram que joaninhas, que comeram insectos, que comeram transgénicos, também morreram.

Aspectos positivos:

- O aumento na produção de alimentos;
- A alteração do valor nutricional dos alimentos;
- O desenvolvimento de espécies com características desejáveis;
- A maior resistência dos alimentos ao armazenamento por períodos maiores.

Aspectos negativos:

- O aumento dos sintomas de alergia;
- A maior resistência a agro-tóxicos e antibióticos nas pessoas e nos animais;
- O aparecimento de novos vírus;
- A eliminação de populações benéficas como abelhas, minhocas e outros animais e espécies de plantas;
- O empobrecimento da biodiversidade;
- O desenvolvimento de ervas daninhas muito resistentes que podem causar novas doenças e o desequilíbrio da natureza;
- O desconhecimento das consequências da utilização dos alimentos geneticamente alterados a longo prazo.

Biotecnologia

Desde 1950 que a “Revolução Verde”, através de técnicas agrícolas sofisticadas como a criação de híbridos, prometeu livrar o Mundo da fome que ainda hoje o assola. A realidade mostra, pois, o quão vã foi essa promessa, apesar da produção dos principais cereais ter duplicado ou mesmo triplicado em algumas regiões.

É necessário compreender bem o fenómeno que explica tal situação antes de enveredarmos por uma nova tecnologia como a dos organismos geneticamente modificados (OGMs). Porquê? Porque, de outro modo, corremos o sério risco de voltar a falhar, com um custo de vidas humanas que nenhuma sociedade pode aceitar – ou melhor, não devia. Para além de uma abordagem de princípio como a do controlo

populacional, que ainda falha nas regiões onde é mais necessária, existe a abordagem estritamente ligada à agricultura que queremos.

Visto está que o aumento de produção não é suficiente, conclui-se que o problema verdadeiramente determinante reside na sua distribuição. O que se verifica, pois, é que o Hemisfério Norte, mais desenvolvido, é excedentário, enquanto o Hemisfério Sul é cada vez mais deficitário.

Será que o investimento nas biotecnologias pode corrigir este problema? Em princípio não, se as desigualdades permanecerem – e, essas, só podem ser combatidas se existir vontade política. A grande razão que apoia esta afirmação está intrinsecamente ligada ao negócio privado: tem de gerar lucros. Alguém espera que, após milhões de dólares investidos, as indústrias biotecnológicas sejam atingidas por um surto filantrópico para ajudar o Terceiro Mundo? A resposta é outra vez não: as culturas transgénicas ficarão praticamente confinadas às regiões onde existe dinheiro para as pagar, tal como se verifica actualmente. De facto, o preço das sementes modificadas tende a subir devido aos crescentes custos do seu desenvolvimento e do processo de patenteamento.

Por outro lado, são conhecidos riscos que põem em causa a própria viabilidade dos OGMs, do ponto de vista agrícola. A saúde das populações e a Natureza também podem ter muito a perder se os receios dos ambientalistas se vierem a verificar à escala global – isto porque, em experiências laboratoriais e em testes de campo, os resultados confirmam-nos.

A opinião pública, que não foi chamada a participar numa questão tão crucial, não se encontra devidamente informada – apesar da maturidade das democracias onde a biotecnologia têm sido mais apoiada. A reacção natural é, pois, de desconfiança, de rejeição dos alimentos geneticamente modificados. O que, na prática, se revelou em perdas catastróficas para os agricultores que quiseram experimentar as novas culturas e, também, no recuo das intenções das principais indústrias das “ciências da vida” (ou biotecnológicas, resultantes da fusão das empresas farmacêuticas com as dos pesticidas e sementes).

Pode-se dizer que essas indústrias cavaram a sua própria sepultura: ao esconder da população informações vitais sobre as questões envolvidas, provocaram uma reacção de desconfiança que pôs em causa a viabilidade da tecnologia.

A reacção de alguns Governos não se fez esperar. Em países como a Inglaterra e a França inúmeras manifestações obrigaram o Governo a impor fortes restrições à

plantação de transgénicos. Mesmo em Portugal o Ministério da Agricultura acabou por suspender as duas autorizações existentes.

O cenário actual, com a adopção de um Protocolo da Biossegurança inédito, é todo mérito dos cidadãos e suas associações. Estes, ao encararem o papel vital que têm no desfecho da questão, estão a garantir que o interesse público é salvaguardado.

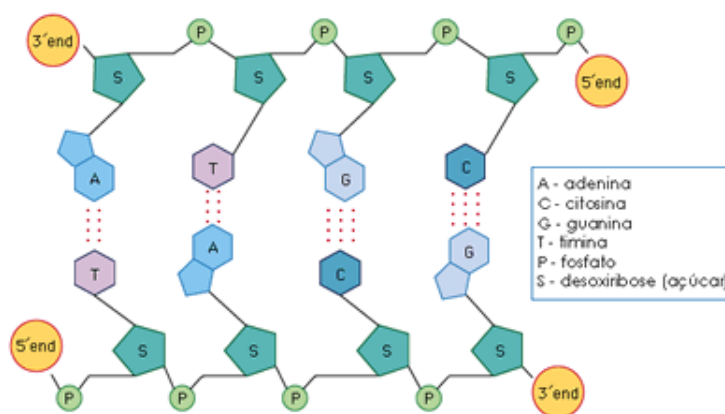
Desta forma, várias associações juntaram-se e lançaram a campanha “Transgénicos Fora do Prato”. Para além do boletim com o mesmo nome e deste *site* na internet, foi elaborado um pequeno guia.

O que é?

As novidades na área da biotecnologia são muitas e surgem todos os dias. Por isso se torna importante, principalmente para o cidadão comum, a compreensão dos termos e tecnologias envolvidas, pelo menos de uma forma simplificada.

O que é um gene?

Todos os animais e plantas são constituídos por milhões de células, estruturas individualizadas e altamente organizadas onde decorrem as reacções metabólicas. Cada célula contém um núcleo dentro do qual se encontram os cromossomas, estruturas formadas por moléculas de ADN e proteínas. O ADN é formado por sequências de quatro “blocos de construção” diferentes, que podem ser muito longas, a que se dá o nome de genes. São estas sequências que armazenam a informação de base que define a estrutura e a função de um organismo.



Embora esta visão possa facilitar a nossa compreensão acerca dos seres vivos, corremos o risco de os reduzir a qualquer coisa como uma máquina. De facto, enquanto

alguns genes são utilizados frequentemente pelas células, outros só são em circunstâncias especiais, e outros nunca! Os processos que explicam estas diferenças permanecem, para a maioria dos genes, desconhecidos.

O que é a engenharia genética?

A variedade genética é fundamental para a viabilidade de cada espécie já que resulta em indivíduos diferentes entre si, com capacidades distintas de adaptação ao meio. As características de cada um podem ser passadas hereditariamente para os descendentes pela reprodução, sexuada ou assexuada.

Tirando partido deste facto, os agricultores foram seleccionando, durante milénios, as plantas que se distinguiam pela sua qualidade e rendimentos produtivos elevados. Fizeram-no ao longo de gerações sucessivas, encaminhando as espécies na direcção desejada. Assim foi possível transformar gramíneas e legumes selvagens em culturas como o milho, trigo e arroz.

Ainda que exista uma enorme variabilidade de organismos em cada espécie, a Natureza traça limites. Uma rosa pode cruzar-se com outro tipo de rosa mas nunca com um rato. Mesmo entre espécies muito próximas é praticamente impossível que tal aconteça com sucesso. Por exemplo, um cavalo pode acasalar com uma burra, mas a mula resultante deste cruzamento é estéril. Estas fronteiras naturais são essenciais para a integridade das espécies.

Em contraste com as formas tradicionais de reprodução e de melhoramento de espécies, a engenharia genética transfere um ou mais genes de um organismo (transgenes) para outro, com o intuito de lhe introduzir determinados traços ou características desejáveis. Este tipo de procedimento ultrapassa ou rompe fronteiras entre as espécies e altera-as naquilo que têm de mais fundamental – o seu património genético – defraudando assim toda uma relação que vinha sendo estreitada com o ambiente. O processo ocorre sem que se conheçam as suas consequências.

O que são os organismos geneticamente modificados?

Um organismo geneticamente modificado (OGM, ou transgénico) é um organismo no qual foi incorporado um ou mais genes que lhe são estranhos, provenientes de outro organismo, com o objectivo de obter certas características tidas

como desejáveis. Ao contrário das técnicas de melhoramento tradicional, em que os resultados são visíveis apenas ao fim de alguns anos, com a engenharia genética as alterações manifestam-se logo na primeira geração.

Este processo permite que um organismo seja lançado na natureza sem que tenha passar pela difícil prova de admissão que é a selecção natural.

Aplicações

Existem milhares de aplicações possíveis para os OGMs. O sector que mais visivelmente tem explorado esta técnica é o da agricultura. Seguidamente são apresentados alguns dos potenciais benefícios resultantes do uso de transgénicos, tal como defendido e apresentado pelas indústrias da biotecnologia:

Controle de pragas: a perda de colheitas devido à acção de pragas tem trazido prejuízos avultados aos agricultores e um enorme desperdício de recursos. Estima-se que tal aconteça, anualmente, a 35% de todas as culturas. O uso de herbicidas para controlar o crescimento de ervas daninhas generalizou-se, mas estes não são inócuos e, para além de prejudicarem as colheitas, estão na origem de problemas ambientais muito significativos.

A indústria biotecnológica desenvolveu plantas geneticamente modificadas que produzem o seu próprio pesticida ou que são resistentes à aplicação de um herbicida. Desta forma, alega que as culturas não são afectadas e que a aplicação necessária de biocidas é inferior, minimizando os problemas ambientais.

Resistência a doenças: muitos vírus, fungos e bactérias são responsáveis por várias doenças que afectam as plantas. A engenharia genética tem desenvolvido formas de introduzir nestas espécies vegetais genes que lhes conferem resistência a organismos patogénicos.

Tolerância à geada: as geadas são uma das causas da perda de colheitas, sobretudo em regiões sujeitas a elevadas amplitudes térmicas. Foi descoberto num peixe que habita as águas do Ártico um gene que impede a formação de gelo, tendo sido introduzido no ADN do tomate e do tabaco. Desta forma produzem uma proteína que, aderindo à superfície dos caules e das folhas, impede a formação dos cristais.

Nutrição: a subnutrição é um problema usual em países do terceiro mundo onde, por vezes, as populações dependem unicamente de um tipo de cultura (por exemplo, o arroz). A indústria biotecnológica alega poder introduzir na constituição desta e de

outras culturas uma série de nutrientes importantes para fornecer uma alimentação mais completa às populações.

Em 1999 investigadores suíços desenvolveram o chamado “arroz dourado” que produz beta-caroteno (provitamina A), metabolizado pelo corpo em vitamina A (cuja carência, no sudoeste asiático, leva à cegueira 250 000 crianças todos os anos).

Indústria farmacêutica: medicamentos e vacinas exigem rigorosas condições de acondicionamento (temperatura, embalagem, humidade, etc.). Várias empresas têm tentado inserir em alimentos como a banana e o arroz os princípios activos de determinados medicamentos ou mesmo vacinas. O processo facilitaria o seu transporte, armazenamento e administração, podendo revolucionar o combate a doenças nas regiões do Mundo mais desfavorecidas.

Fito-remediação: a poluição do solo e dos lençóis freáticos é um problema extremamente grave e comum em todo o Mundo. É possível alterar geneticamente determinadas plantas de modo a aumentar a sua capacidade de absorver metais pesados e outros contaminantes. No entanto, o destino destas pode ser problemático, dependendo dos poluentes envolvidos.

Quais são os riscos?

Riscos para a saúde

As empresas biotecnológicas alegam que não são conhecidos efeitos nocivos para a saúde devido ao consumo de OGMs. Mesmo que assim fosse, *a ausência de prova não é prova da ausência de riscos* – ou seja, o desconhecimento de efeitos nocivos não significa que estes não existam! No entanto, já foi demonstrado que os perigos envolvidos são vários e bem reais.

Para agravar este problema, os alimentos transgénicos à venda não foram submetidos a testes para avaliar o seu efeito no sistema imunitário humano – a colocação destes alimentos nas prateleiras é uma verdadeira experiência, mas sem ninguém a analisar os resultados! Em Portugal, bem como noutros países, toda a informação disponível para decidir sobre a plantação e comercialização de OGMs é fornecida pela empresa interessada. O Governo não promove qualquer verificação independente dos dados nem é realizada qualquer avaliação do impacto ambiental.

Aparecimento de alergias e aumento da toxicidade dos alimentos

Já foi confirmada a transferência de substâncias alergénicas por acção da engenharia genética. Apesar disso, muitos alimentos geneticamente modificados à venda contêm proteínas cujo potencial alergénico nunca foi testado.

Mesmo quando foram realizados testes em animais, é preciso ter em conta que estes podem não ser reprodutíveis nos humanos e que, como é comum nas questões de saúde e ambiente, muitos dos efeitos só são observados a médio e longo prazo. Ainda assim, num estudo em que foram alimentados ratos com um tipo de batata geneticamente modificada, observou-se que o sistema imunitário dos animais ficou debilitado e que os seus órgãos internos foram afectados. O autor do estudo, reconhecido internacionalmente, foi despedido após ter dado uma entrevista em que falou da experiência. O instituto de investigação era financiado pela *Monsanto*.

Como consequência do processo de transferência de genes, pode-se observar o aparecimento de novas toxinas ou o aumento da concentração de outras já existentes, eventualmente tornando-se perigosas (e cuja quantidade, antes, não era suficiente para causar problemas). Numa experiência com leveduras geneticamente modificadas em que cientistas japoneses pretendiam triplicar a produção de uma única enzima, foram surpreendidos pelo aumento de 40 a 200 vezes na concentração de uma substância mutagénica.

Da forma semelhante, podem surgir combinações proteicas anteriormente desconhecidas, com efeitos imprevisíveis, e o conteúdo nutricional da planta pode ficar diminuído.

Aumento da patogenicidade

O uso generalizado de herbicidas e antibióticos na agricultura e pecuária, respectivamente, tem provocado uma resistência crescente por parte dos organismos patogénicos em relação aos agentes usados para os destruir. Também a prescrição de antibióticos, muitas vezes infundadamente, tem contribuído para este efeito.

No desenvolvimento de OGMs os engenheiros genéticos ligam muitas vezes ao gene com a característica desejada um gene marcador de resistência a antibiótico (MRA), que ajuda a determinar se o primeiro foi incorporado com êxito no organismo receptor.

Vários investigadores têm alertado para o facto de que a ingestão de alimentos geneticamente modificados pode permitir a recombinação dos genes MRA com micróbios patogénicos existentes no ambiente ou no intestino de animais e humanos. Este processo contribui para o agravamento dos perigos da resistência a antibióticos:

infecções provocadas por novas variantes de microrganismos como a *salmonella* e a *e-coli* que não podem ser curadas pelos antibióticos tradicionais.

Um estudo recente, resultado de três anos de investigação na Universidade de Jena, Alemanha, confirmou os receios dos ambientalistas e demonstrou que a transferência de transgenes após ingestão de alimentos geneticamente modificados ocorre com mais facilidade do que inicialmente suposto, provocando alterações na flora intestinal e possíveis consequências na saúde do hospedeiro.

Aumento dos casos de cancro

Produtos como herbicidas, pesticidas e alguns fertilizantes são os principais responsáveis pela contaminação das águas superficiais, aquíferos e alimentos. O uso de OGMs na agricultura poderá ser um incentivo à aplicação de doses ainda maiores daqueles produtos (como explicado mais adiante), agravando aquele problema. Vários estudos científicos relacionam este tipo de poluição com diversas formas de cancro.

A inserção de ADN viral no de células de mamíferos é muito provável em casos como o do vírus do mosaico da couve flor, que foi empregue na esmagadora maioria dos OGMs comercializados. É sabido que este tipo de inserção pode ter efeitos negativos, como a activação e inactivação de genes, um passo que pode ser crucial para o desenvolvimento do cancro.

Criação de novos vírus e bactérias

Os vírus são responsáveis pela propagação de algumas das doenças mais mortíferas que conhecemos. Têm uma grande facilidade em incorporar pedaços de DNA estranhos e de o transferir para outras células, mesmo que de espécies diferentes. Investigadores da Universidade do Estado de Michigan, nos EUA, descobriram que algumas plantas geneticamente modificadas resistentes a vírus podem fazer com que estes mutem para novas formas altamente virulentas. Os vírus modificados podem causar doenças em animais e humanos cujo tratamento pode ser muito complicado.

Já o uso exagerado de antibióticos pode levar ao desenvolvimento de estirpes bactérias resistentes em seres humanos.

Riscos para a Natureza

O impacto na Natureza, nomeadamente ao nível dos ecossistemas e das espécies, também não é animador:

Poluição genética

Os transgenes podem ser transferidos para as espécies nativas através de processos naturais que sempre foram inofensivos e fundamentais para o aparecimento de novas espécies. Quando arrastado pelo vento, o pólen pode percorrer mais de 180 Km num só dia, e viagens bem mais longas ocorrem ocasionalmente. Torna-se assim impossível separar as culturas transgénicas das convencionais, dado que a contaminação genética ocorre sempre: não há uma distância de separação que possa ser considerada segura, de tal forma que até já foram vendidas sementes convencionais contaminadas com OGMs. Recentemente, a Suécia e a França obrigaram à destruição de sementes de colza contendo baixos níveis de material geneticamente modificado mas que se supunham puras.

Se a contaminação ocorrer em grande escala, como é possível, deixa de fazer sentido falar em agricultura biológica, que não usa OGMs. Será impossível, para os consumidores, optarem por alimentos tradicionais, já que todos eles serão, pelo menos em parte, geneticamente modificados.

O processo pode ainda resultar no aparecimento de “super-pragas”, tal como explicado adiante em detalhe.

Diminuição da diversidade biológica

Numa altura em que se estima serem 50 000 o número de espécies que se extinguem todos os anos, os ecossistemas encontram-se altamente instáveis e desequilibrados – e a sobrevivência do Homem depende directamente da biodiversidade. Os OGMs, por que são seres vivos novos, não têm predadores naturais e podem, em certos casos, expandir-se com facilidade, competindo directamente com as espécies nativas.

A aplicação de um herbicida não selectivo a culturas de OGMs tolerantes elimina outras plantas, mesmo que benéficas. Insectos, aves e mamíferos dependentes são, consequentemente, afectados. Existem ainda evidências de que plantas transgénicas se podem tornar tóxicas para os animais. Resultado global: a previsível ruptura dos já fragilizados ecossistemas.

Riscos para a agricultura

Ao contrário do que alegam as empresas de biotecnologia, a agricultura tem mais a perder com os transgénicos do que a ganhar. Nos EUA, devido à dificuldade de escoamento da produção para a Europa, os agricultores perderam na globalidade 2 mil

milhões de dólares – enquanto os vendedores das sementes como a *Monsanto* e a *DuPont* receberam obtiveram lucros.

Aumento do uso de herbicidas

A maior parte das plantas transgénicas foram modificadas para se tornarem resistentes a um determinado herbicida, normalmente produzido pela mesma empresa que detém a patente do OGM. Trata-se de uma forma engenhosa de multiplicar os lucros tornando os agricultores ainda mais dependentes do uso daqueles químicos. Hoje em dia este tipo de OGMs representa cerca de $\frac{3}{4}$ de todos os cultivados.

Os agricultores, como sabem à partida que os transgénicos não serão directamente afectados, são tentados a aplicar quantidades ainda maiores de herbicidas (nalguns casos entre 2 e 5 vezes mais). O uso excessivo destes produtos químicos leva ao desenvolvimento de resistências por parte das pragas, obrigando à aplicação de doses crescentes para atingir o resultado pretendido.

Aparecimento de “super-pragas”

Quando uma planta infestante (cujo controlo se pretende assegurar) adquire a resistência a um herbicida por cruzamento com um OGM, podem resultar autênticas “super-pragas”, já que a aplicação daqueles químicos deixa de surtir efeito. Este cenário já se verificou, este ano, na Grã-Bretanha.

No caso de OGMs produtores de pesticida, dado que estes químicos estão permanentemente expostos, a probabilidade das pestes desenvolverem resistências é ainda superior. Tal facto foi reconhecido pela *Monsanto* que concordou em não semear milho *Bt* em partes do México onde existia milho selvagem.

Nos EUA a dualidade de critérios é tal que a batata “New Leaf” produtora de pesticida, da mesma empresa, é considerada “substancialmente equivalente” à batata normal e por isso pode ser comercializada sem rotulagem especial. No entanto, é considerada pela Agência de Protecção Ambiental como um pesticida e tem de estar registada como tal.

Há também evidências de que plantas geneticamente modificadas têm 20 vezes mais probabilidades de se cruzarem com ervas semelhantes do que com exemplares da sua própria espécie.

Morte de insectos benéficos

A bactéria *Bacillus thuringiensis* (ou *Bt*), naturalmente presente no solo, é há muito utilizada pelos agricultores biológicos e tradicionais para controlar certas espécies de insectos, já que produz uma toxina que os mata. A indústria biotecnológica criou OGMs

que contêm genes alterados daquela bactéria (variedades *Bt*), de tal forma que as novas plantas produzem a sua própria toxina!

Alguns estudos demonstram que as larvas de certos insectos benéficos apresentam uma mortalidade até duas vezes superior após ingestão de folhas de milho *Bt*. A borboleta *Monarca* encontra-se em perigo porque as suas larvas apresentam uma mortalidade anormalmente elevada quando se alimentam do pólen daquele OGM. Tais factos nunca foram observados com a toxina natural.

A morte de insectos benéficos como predadores e parasitas de pestes diminui a capacidade da Natureza as controlar de uma forma integrada. Verifica-se, pois, que a diminuição da diversidade biológica dos campos pode pôr em causa a própria agricultura que, supostamente, se pretendia fomentar.

Efeitos negativos no solo e seus organismos

As folhas caídas das plantas transgénicas produtoras de *Bt* podem alterar a composição biológica do solo, provocando alterações na absorção de nutrientes pelas plantas ou mesmo toxicidade para os organismos deste meio – que desempenham um papel fundamental no equilíbrio biológico do solo bem como nos vários ciclos biogeoquímicos (ciclo da água, azoto, fósforo, enxofre, etc.).

Aumento da fome no mundo

Se a cultura de transgénicos se generalizar, a maioria dos agricultores terá de adquirir as sementes e herbicidas às empresas biotecnológicas, ficando ainda mais dependentes delas e com uma margem de manobra face a situações imprevistas diminuída. No caso particular do terceiro mundo, em que a alimentação depende da existência de variedades bem adaptadas ao clima de cada região (resultado de uma evolução de 12 000 anos!) e de uma produção alimentar localizada e sustentada, o resultado será menos comida e, portanto, mais fome.

Acresce ainda o facto de a produtividade de alguns transgénicos ser inferior à das culturas tradicionais respectivas e de significarem um passo no sentido de explorações agrícolas intensivas de grandes dimensões, quando já foi demonstrado que as mais eficientes são as de tamanho médio, utilizando técnicas como a rotação de culturas, protecção integrada e fertilização com adubos naturais.

Um exemplo de uma planta transgénica (Milho)

Gene(s) introduzidos:

Fosfinotricina acetil transferase (enzima) da bactéria *Streptomyces viridochromogenes*.

Qualidade(s) adquirida(s):

Resistência ao herbicida glufosinato de amónio.

Objectivos:

Redução da utilização de herbicidas. Utilização de um herbicida biodegradável.

Questões:

Além dos estudos feitos pelas próprias empresas que lucram directamente com a comercialização deste milho transgénico, pouco ou nada se sabe acerca do efeito a longo prazo para a saúde da população mundial do consumo em grandes quantidades da nova enzima existente na planta.

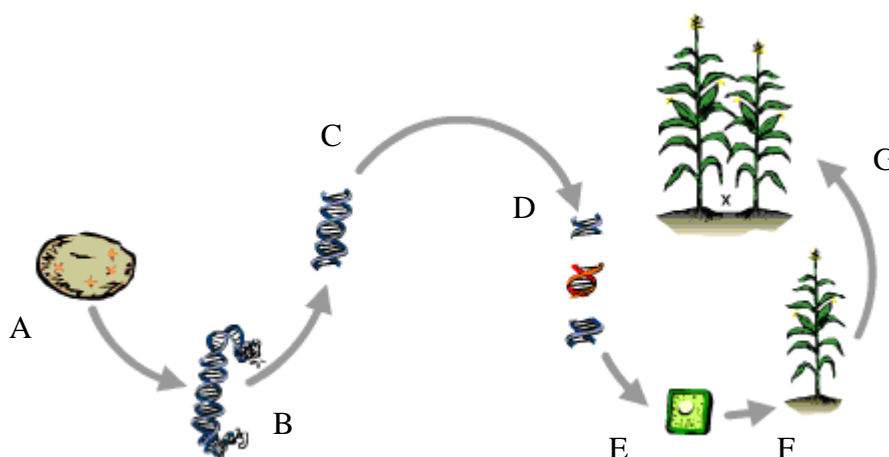
Em Portugal este milho pode contaminar variedades tradicionais por polinização cruzada, noutros países pode cruzar-se com variedades selvagens.

Sendo o milho transgénico resistente ao herbicida, o agricultor tem liberdade de aplicar quantidades que seriam inaceitavelmente altas num campo não transgénico. Esse aumento de resíduos de glufosinato no milho, no solo e nas águas não é de todo inócuo: este pesticida causa alterações neuronais e malformações congénitas em testes de laboratório (e tanto faz se o elemento exposto à contaminação é a mãe ou o pai).

(Fonte: <http://www.stopogm.net/index.htm>)

5. Terceira etapa do percurso investigativo.

Técnicas de produção de OGMs.



A – Extração do ADN do núcleo de uma célula do organismo ou bactéria isolada

B – Clonagem de um ou mais genes de interesse

C – Mapeamento (desenho) do gene

D – Alteração do gene produzindo uma nova combinação genética

E – Introdução do gene numa nova planta

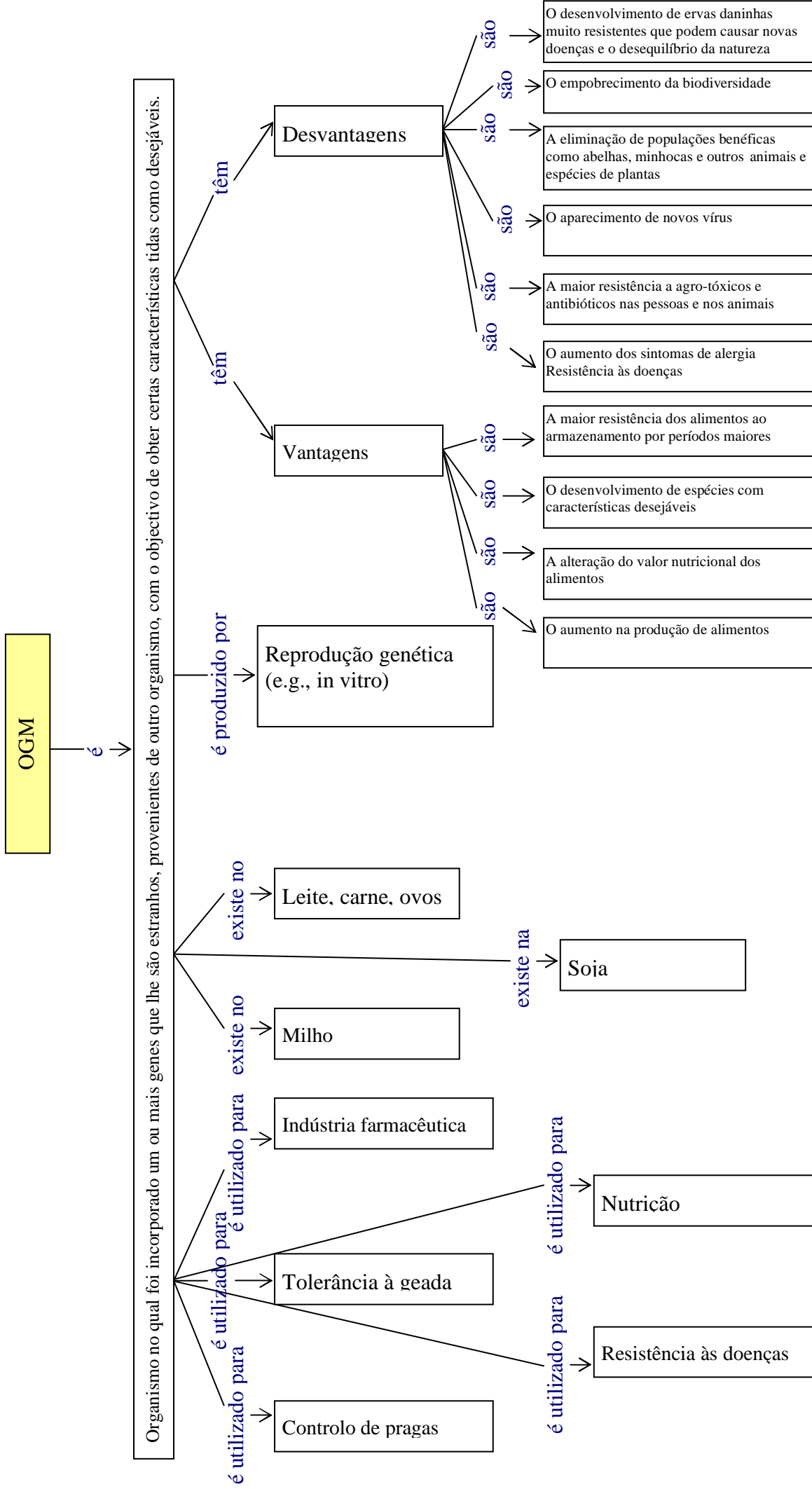
F – Transformação de uma nova planta

G – Produção cruzada

(Fonte: www.colostate.edu/programs/lifesciences/transgeniccrops/how.html)

Organizadores gráficos.

Sobre o tema de OGMs, Organismos Geneticamente Modificados, foi elaborado um mapa de conceitos, procurando resumir grande parte da informação pesquisada e consultada. Foi escolhido o mapa de conceitos, procurando seguir as indicações dos mapas conceptuais de Novak.



Os meus cereais ao pequeno-almoço não têm bichos!

Observações importantes sobre a técnica apresentada no protocolo

Isolamento do DNA recombinante

O DNA recombinante é DNA com interesse ao nível da Engenharia Genética para clonagem com diversos fins. Para a sua obtenção é necessário obter o DNA do organismo dador e do vector, que é responsável pela introdução do DNA recombinante do dador no organismo receptor.

Para obter DNA recombinante é necessário proceder ao seu isolamento, para isso é necessário isolar uma célula do organismo dador. Procede-se à lise celular para permitir o acesso aos organitos celulares. De seguida procede-se à purificação do material celular através de diversas centrifugações para separar o DNA dos restantes constituintes celulares.

Seleção do DNA recombinante

Depois do DNA estar isolado é necessário seleccionar apenas o DNA que será transportado para o organismo receptor. Para isso utilizam-se enzimas específicas que reconhecem e clivam a molécula de DNA em sequências específicas. Estas enzimas são as endonucleases de restrição, usadas no DNA recombinante e no DNA do organismo do receptor, para que a ligase do DNA ligue o DNA recombinante ao DNA do receptor nos mesmos pares de bases, e diferem na estrutura molecular, locais de reconhecimento e clivagem. Actualmente são conhecidas mais de 100 endonucleases de restrição. Através da utilização de uma determinada endonuclease de restrição é possível obter um fragmento de DNA recombinante que codifica as características pretendidas para introdução no organismo receptor. Os vários fragmentos produzidos por uma mesma endonuclease de restrição podem ser unidos, isto possibilita a produção laboratorial de DNA recombinante.

Ligação do DNA

Os fragmentos de DNA recombinante obtidos vão ser ligados à molécula de DNA através de uma enzima, a ligase do DNA, que tem como função unir dois fragmentos de DNA. Neste caso vai ser usada para unir o fragmento de DNA do dador ao DNA do receptor.

Multiplicação do DNA recombinante

Depois de a molécula de DNA recombinante ter sido introduzida no organismo receptor, através do vector (normalmente os vectores mais utilizados são os plasmídeos dos procariontes), procede-se à clonagem deste para obter mais cópias de rDNA (DNA recombinante). Assim obtêm-se milhões de cópias do DNA recombinante.

Plantas geneticamente modificadas


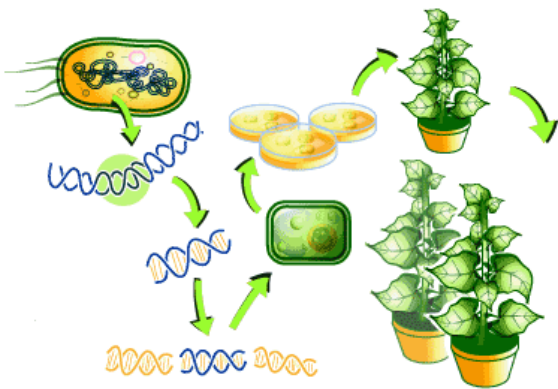
Se o vector utilizado for uma bactéria que parasite uma determinada espécie vegetal, é possível introduzir na planta as sequências de DNA com interesse utilizando o processo referido anteriormente. Assim podem-se seleccionar as plantas com o gene introduzido, induz-se o crescimento e multiplicação das plantas seleccionadas e através de diversos cruzamentos entre plantas da mesma espécie obtém-se uma nova espécie de plantas com as características pretendidas.

Protocolo



Os produtos transgénicos ou também conhecidos por OGMs (organismos geneticamente modificados) são organismos que lhes foram adicionados genes de outra espécie, de forma a conferir-lhes uma característica que antes não tinham. Os avanços da ciência permitem transferir genes do ADN de um ser vivo para outro. Uma das razões desta utilização tem a ver com o facto de permitir uma maior resistência das plantas a pragas, pois uma planta transgénica tem um gene tóxico que normalmente mata os insectos.

Os exemplos mais comuns de produtos transgénicos são o milho, a soja e seus derivados. A soja está em cerca de 60% de todos os alimentos processados.

Actividade: Modificação genética do milho	
<p>Objectivo: produzir milho modificado geneticamente.</p> 	
Material:	Equipamento:
<ul style="list-style-type: none"> - Bactérias de grãos de milho - Caixas de Petri - Tubos de ensaio - Suporte - Corante para DNA - Corante para bactérias - Solução para a lise celular - Plantas 	<ul style="list-style-type: none"> - Microscópio electrónico - Centrifugadora - Estufa
Procedimentos:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Extraí uma bactéria de um grão de milho. 2. Faz a extracção e o isolamento do DNA. 3. Faz a clonagem e o desenho do DNA do grão de milho. 4. Introduz na cadeia de DNA um gene de outra planta. 5. Observa a transformação. 6. Produz uma cultura de tecidos do novo gene 7. Planta a nova planta. 	

6. Bibliografia.

Bazzo, W. [et al.] (2003) *Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)* http://www.campus-oei.org/publicacoes/cts_por1.htm. 01-12-04 23:51

Departamento do Ensino Básico (DEB). (2001) *Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais*. Lisboa: Ministério da Educação

Hodson, D. (1998). *Teaching and Learning Science: Towards a personalised approach*. Buckingham: Open University Press.

Leite, L. (2001). *Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências*. In Caetano, H. & Santos, M. (Org). *Cadernos Didácticos de Ciências*. Lisboa: DES.

Loureiro, Cristina (2004). *Acção de formação: Aprender Ciências de forma lúdica e experimental*. <http://www.prof2000.pt/users/cfppa/forma2004/prog06.htm>. 04-11-04 11:36

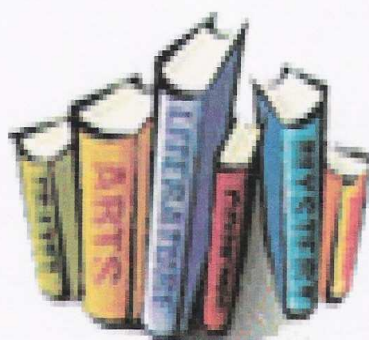
OEI (Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura. <http://www.oei.es/cts2.htm>.

Quercos. <http://quercus.sensocomum.pt/pages/defaultArticleViewOne.asp?storyID=884>

Santos, M^a Eduarda (). *Desafios Pedagógicos para o século XXI*.

Vaz, Daniel (2004). *JornalismoPortoNet*.
http://jpn.icicom.up.pt/2004/03/23/portugueses_desconhecem_transgenicos.html

Wandersee, J. & Roach, L. *Vinhetas Históricas Interactivas – O que é que significa o termo “Natureza da Ciência”*.



DIDÁCTICA DAS CIÊNCIAS II

Curso P.E.B. Variantes
Matemática / Ciências da Natureza

RELATORIO FINAL DA INÊS (p. 1)

Índice

Introdução.....	2
Revisão da literatura.....	6
Currículo Nacional do Ensino Básico e Ensino da Ciências.....	6
Preocupações mundiais com o ambiente.....	7
O ensino da ciência na actualidade.....	8
Modelo CTS.....	10
Percurso Investigativo	13
Conclusão.....	14

Introdução

*“Diz-me o que comes,
dêr-te-ei como vives.”*

Na nossa sociedade de consumo, come-se cada vez mais e pior – eis um pressuposto assaz conhecido e divulgado, concretamente através dos mass-média.

Com efeito, a alimentação é frequentemente abordada no sentido em que da sua qualidade depende a sanidade da vida humana.

Contudo, podemos questionar-nos:

«-Será que sabemos realmente aquilo que comemos? Será que pensamos nos processos a que foram submetidos os vários géneros antes de chegarem à nossa mesa?»

«Por outro lado, nós que temos a nobre tarefa de educar, será que promovemos nos nossos alunos a reflexão relativamente a esse assunto?».

A opção pelo tema escolhido – os pesticidas – deveu-se ao facto de, enquanto professores de CN, termos um papel acrescido na educação das crianças e jovens de hoje, relativamente não apenas a dar a conhecer o ambiente e a natureza, como também promover a sua preservação.

Com efeito, longe vai o tempo em que a escola visava uma mera transmissão de saberes, tantas vezes desactualizados e que em nada iam de encontro ao contexto que rodeava os alunos.

O objectivo da educação é, hoje, essencialmente a formação de jovens conscientes e capazes de intervir na construção de um mundo melhor.

Por outro lado, com a grande difusão dos meios de informação de massa, a todo o momento tomamos conhecimento de que a competitividade e a inovação são factores determinantes para o crescimento sócio-económico das sociedades.

Contudo, tem vindo a assistir-se a alterações sociais, quer no âmbito do crescimento populacional, do consumo de energia, à falta de água ou, pior ainda, à poluição da mesma, entre outros.

Segundo defende a Agência Europeia do Ambiente, “a gestão do ambiente europeu e do seu capital natural é importante para assegurar a viabilidade (...) do seu capital económico e social”.

No sentido de promover a consciencialização dos jovens para a importância de preservar a natureza como forma de preservar a própria vida humana, há que ensinar a saber explorar e investigar.

Assim, enquanto professores de CN, somos confrontados com recomendações e orientações curriculares oficiais, nomeadamente ao nível da integração e interações CTS no ensino, que nos exigem mobilização, integração e aplicação de conhecimentos que podem transcender as nossas vivências, quer enquanto alunos, quer como professores.

Nessa linha, ao pretender promover uma educação para o desenvolvimento sustentável, também estamos a promover a educação para a cidadania.

Mediante o *ethos* actual da ciência, podemos constatar que as novas tendências em educação apontam para que haja uma reconceptualização do ensino das ciências, que o harmonize esse *ethos* da ciência e da tecnologia modernas.

Por outro lado, sendo tónica comum uma ciência baseada na observação e na pesquisa, o tema escolhido vai de encontro a duas perspectivas básicas: investigar, relacionar e concluir, por um lado, e transformar esse conhecimento em vector educativo, por outro.

O tema em estudo vai de encontro ao princípio de que o conteúdo CTS se torna veículo para organizar o conteúdo das ciências, sendo esse conteúdo escolhido a partir de uma disciplina de ciências.

Por outro lado, um conteúdo pertinente em ciências enriquece a aprendizagem, tornando-a significativa e contribuindo para a construção de

mentes mais esclarecidas e alertadas para aquilo que se passa no nosso ambiente natural que pensamos conhecer mas que tantas vezes é esquecido, apenas sendo alvo de explorações, frequentemente, abusivas e que, a maior ou menor prazo, acabam por ser prejudiciais ao próprio homem.

Assim, ensina-se sobre ciências, educa-se com base nas ciências e através delas e dos seus princípios, pois já não nos podemos contentar com a mera informação própria do homem do senso comum.

Relativamente à categorização apresentada por AiKenhead (1992), a presente temática incluir-se-ia no parâmetro seis – “Ciências associadas ao conteúdo CTS”- dado que não se pretende desviar a atenção do estudo das ciências em si, mas de o tornar significativo pela actualização de conceitos, tendo como ponto de referência o conteúdo tradicional da ciência.

Quanto às expectativas, na linha de M. Eduarda Santos (2000), incluiria o tema no ponto sete – “ Reflexão sobre a responsabilidade social da ciência e da tecnologia”, na medida em que seriam equacionadas questões relacionadas com a ética ambiental, uma ética portadora de valores para uma cidadania renovada.

Se o ensino tem hoje como centro do processo o próprio aluno, é óbvio que as «práticas» meramente demonstrativas ou de verificação não iriam de entro a tal princípio.

Não nos limitamos já, tão somente, a levar o aluno a descobrir coisa (ensino pela descoberta); o próprio aluno tem de investigar.

Na verdade, ao promover a investigação, estamos a motivar o aluno para se questionar sobre problemas, suas causas e formas de tentar solucioná-lo.

Os sócio-construtivistas defendiam a existência de factores socioculturais e inter-pessoais que ultrapassam factores intra-individuais na construção do saber e do sujeito.

Na linha do inter-pessoal, surge-nos a perspectiva cooperativa, nomeadamente no reforço da actividade de grupo, em detrimento da individual.

Os tipos de abordagem referidos acima apresentam-se completamente de acordo com as actuais linhas orientadoras da educação, nomeadamente: a construção do conhecimento numa actividade “sócio-construtivista de natureza

RELATORIO FINAL DA INÊS (p. 5)

estruturante”; o grande peso que passou a ter a mediação da cultura, das relações sociais; a valorização do papel do professor como mediador da aprendizagem.

Entendemos que só através do auto-questionamento, da pesquisa e as conclusões daí tiradas é que se podem promover aprendizagens significativas que, ao contrário da mera memorização, em nada serviriam os fins primários da educação: a construção de jovens, numa perspectiva integral e integrada.

I – Revisão da literatura

1- Currículo Nacional do Ensino Básico e Ensino das Ciências

A sociedade contemporânea assiste a contínuas mudanças, progressos e evoluções que, a um ritmo desenfreado, exigem de nós uma constante adaptação no sentido de, enquanto educadores, formar crianças e jovens que, no futuro, sejam capazes de dar resposta a situações com as quais se irão deparar.

Nessa linha, longe vai o tempo em que a tarefa primordial da escola era ministrar todo um conjunto de dados teóricos que pouco ou nada respondiam aos seus interesses e/ou realidades.

Hoje, à escola é pedida a nobre missão de formar jovens no sentido de uma educação integral e integrada para que possam vir a tornar-se cidadãos conscientes e participativos.

Senão, repare-se: com a constante evolução da tecnologia e da ciência, que será daqueles que não conseguem ou não estão preparados para acompanhar a mudança?!

É neste sentido que podemos afirmar a pertinência do ensino das Ciências, enquanto contributo imprescindível nas vertentes de motivação e promoção da curiosidade, bem como dos procedimentos científicos e suas implicações a nível humano.

É, efectivamente, notório o impacto e implicações de tal evolução – quer a nível científico, quer a nível tecnológico – no ambiente que nos rodeia, bem como na nossa cultura.

Além disso, são factores decisivos na medida em que contribuem, indubitavelmente, para a formação de uma concepção particular de sociedade, onde certas condutas, por vezes, são determinantes para o futuro da humanidade.

2- Preocupações mundiais com o ambiente

As preocupações europeias com o ambiente têm dado lugar a manifestações diversas, cujos resultados são ainda escassos.

Como podia ler-se no *Expresso* de 14 de Janeiro de 2006, os “*Europeus [estão] doentes de ambiente*” – “...o efeito-cocktail» que resulta da combinação de contaminação por químicos (alimentos, água)... [é o] que melhor traduz as múltiplas causas do ambiente na saúde”.

No mesmo artigo pode ler-se que “[e]m Portugal não existe informação relativa ao impacto do ambiente na saúde...” – segundo relatório da Agência Europeia do Ambiente, “um dos principais ingredientes que contribui para o «efeito-cocktail» é a contaminação por químicos”.

Tal Agência proporciona relatórios anuais que colocam em relevo questões primordiais em sectores tão importantes como a agricultura e o ambiente, numa tentativa de equacionar o desenvolvimento sustentável na Europa.

Sendo conhecido o grande crescimento demográfico, há que apostar na Ciência e na Tecnologia, no sentido de aceder a estratégias alternativas que dêem resposta à questão da alimentação.

Ao pretender-se promover uma maior produção agrícola, também poderá estar-se a por em causa a biodiversidade.

Uma alternativa que foi apontada foi a agricultura biológica – sem fertilizantes químicos, pesticidas, apostando no uso de estrumes animais no sentido de aumentar a fertilidade do solo.

Tal prática é, de igual modo, uma forma de reduzir a poluição da água com nitratos o que, à partida, parece ser uma medida que visa a promoção da saúde pública.

Ora, o desenvolvimento global sustentável tem estado na ordem do dia de várias organizações mundiais e tal problemática é trazida para o microcosmos da sociedade que é a escola.

RELATORIO FINAL DA INÊS (p. 8)

3- O ensino da ciência na actualidade

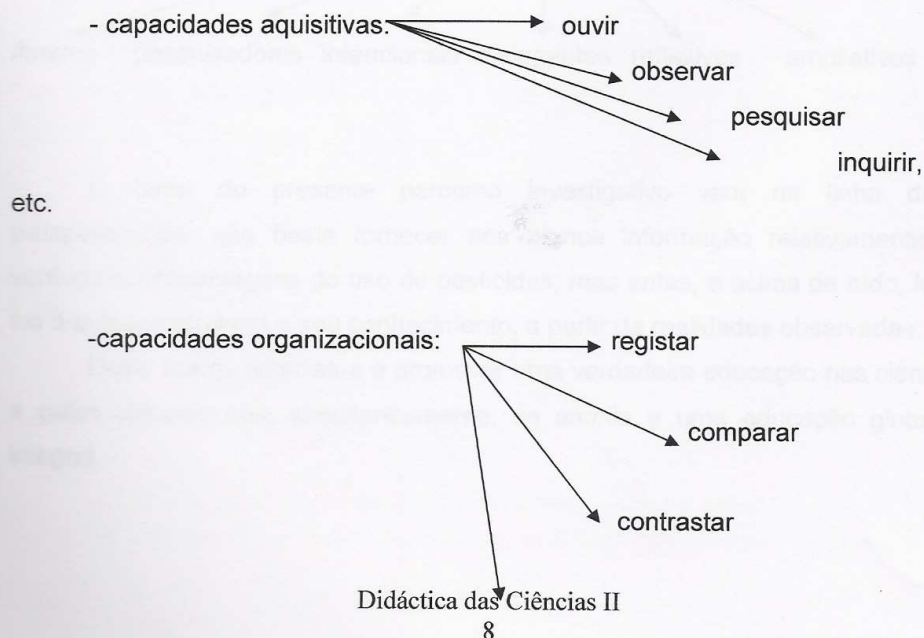
Falando da relação que se estabelece entre a evolução da tecnologia e suas repercussões no ambiente, devemos constatar que o *ethos* da ciência também foi alvo de significativa mudança: hoje a ciência é vista mais como potencial contributo para a promoção de uma vida melhor.

Por consequente, o ensino das ciências também ele teve de acompanhar a mudança.

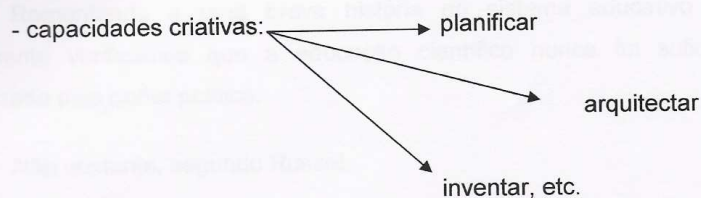
Nesse sentido, segundo normativos emanados do Departamento de Metodologias de Educação (Freitas, 2004), cabe à Educação Básica e Secundária apostar na *“requalificação e aumento da educação básica e reorientação dos currículos, programas e vivência”*.

Assim sendo, grande número de capacidades, que são fundamentais nos dias de hoje, apenas serão estimuladas e desenvolvidas nos alunos caso o professor os leve a investigar, com objectos e fenómenos, certas questões, procurando para elas uma resposta adequada.

Por conseguinte, numa perspectiva construtivista, são recomendáveis as estratégias baseadas em actividades experimentais que, segundo Trowbridge e Bybee (1990), podem subdividir-se em várias categorias, a saber:



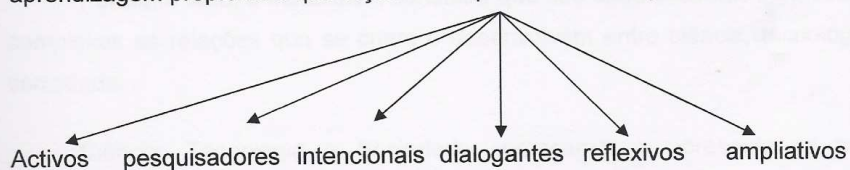
classificar, etc.



- capacidades manipuladoras: —————> manipular

- capacidades comunicativas: —————> questionar.

Para que tais capacidades sejam estimuladas há que criar ambientes de aprendizagem propícios e que façam com que os alunos sejam:



O tema do presente percurso investigativo vem na linha desta perspetivação: não basta fornecer aos alunos informação relativamente às vantagens/desvantagens do uso de pesticidas, mas antes, e acima de tudo, levá-los a auto-construírem o seu conhecimento, a partir de realidades observadas.

Desta forma, estar-se-á a promover uma verdadeira educação nas ciências e pelas ciências que, simultaneamente, se amplia a uma educação global e integral.

4- O Modelo CTS

Remontando a uma breve história do sistema educativo português, facilmente verificamos que a educação científica nunca foi suficientemente valorizada pelo poder político.

Não obstante, segundo Russel

"[a] ciência como factor na vida humana é muito recente (...)

A ciência como força importante começa com Galileu e, por conseguinte, existe há uns 300 anos" (2000: 48, citado por Fontes e Silva, 2004: 9).

A importância da ciência na sociedade tem vindo a aumentar, "invadindo um espaço social habitualmente destinado às humanidades, ao mesmo tempo que se inicia um fosso entre a cultura humanística e a cultura científica" (Santos e Silva, 2004: 11).

Por outro lado, é indubitável constatar que são cada vez mais intrínsecas e complexas as relações que se criam e desenvolvem entre ciência, tecnologia e sociedade.

Ciência, Tecnologia e Sociedade começaram a apresentar-se como conceitos interligados, exigindo que novas perspectivas fossem tomadas em metodologia da educação.

Foi neste contexto que surgiu o movimento CTS, cuja importância esteve na origem de reformas educativas em vários países, e que pretende dar resposta a cinco objectivos essenciais, a saber:

- "(1) – motivar os alunos para a aprendizagem da ciência, tornando-a mais atraente, humanizada, mais próxima dos cidadãos, alargando-a para além da escola;
- (2) – desenvolver o pensamento crítico e a independência intelectual dos alunos;
- (3) – esbater fronteiras entre a ciência e as metaciências, proporcionando uma

integração das ciências experimentais com as ciências sociais e promover uma visão social da ciência como actividade colectiva, não elitista;

(4) – analisar os aspectos políticos, económicos, éticos e sociais da ciência e da tecnologia, como contributo para uma melhor formação científica dos alunos;

(5) – Promover alfabetização científica e tecnológica de todos de modo a poderem exigir dos diferentes poderes (político, militar, económico, religioso) decisões fundamentais e eticamente responsáveis” (Fontes e Silva, 2004: 27-28).

Com efeito, longe vão os tempos em que o saber livresco ocupava um lugar de relevo junto de todas as camadas sociais.

Hoje, a observação e a experimentação são imprescindíveis à compreensão dos fenómenos, numa tentativa de explicação racional do que se passa à nossa volta.

Daí que a escola tenha, forçosamente, de ser o primeiro vector de mudança.

Mais do que ser detentor de conceitos teóricos, urge criar nos alunos o hábito da reflexão e o desenvolvimento do espírito crítico.

Partindo dos objectivos do movimento CTS, segundo Membiela (2001, citado por Fontes e Silva, 2004: 28) visa-se

“ a promoção da alfabetização em ciência e em tecnologia para que os cidadãos possam participar no processo democrático de tomada de decisões e assim desencadear acções de cidadania para a resolução de problemas relacionados com a ciência e tecnologia na nossa sociedade”.

Ciência e tecnologia tornaram-se, pois, imprescindíveis à formação básica de todo o cidadão, no sentido de o munir de ferramentas que lhe permitam compreender as informações que lhe chegam pelos mass-média.

Segundo Canavarro (1999, citado por Fontes e Silva, 2004: 31) a inclusão da ciência na escola vai no sentido de permitir satisfazer necessidades pessoais e sociais, contribuir para a resolução de problemas sociais correntes, apoiar

escolhas de carreiras e preparar aqueles que pretendam prosseguir estudos superiores.

Para dar resposta a tais objectivos, não poderia continuar a ser levado a cabo a metodologia de ensino tradicional; o facto é que não basta aprender ciência; é necessário e essencial saber utilizá-la.

Embora possa parecer, à partida, um conceito que encerra valiosos contributos para o ensino, ele pode apresentar limitações, começando pela carência de formação a nível da formação de professores, sendo que estes podem, daí, não reagir bem a uma mudança que não conhecem em profundidade, posto que a sua formação académica não os praticou nesse sentido.

II- Percurso investigativo

1- Objecto de estudo

1.1-« O uso de pesticidas e suas implicações»

1.2- Razão de ser: Cada vez mais se ouve falar em problemas de saúde pública e nos riscos que corremos ao pretender aumentar em flecha as produções agrícolas, e evitando as pragas que as atacam. Serão os pesticidas uma forma de aumentar a produção agrícola? Não haverá riscos para a saúde com o uso de tais químicos?

2- Problemas:

2.1- Cada vez são mais numerosas as pragas que afectam a nossa agricultura.

2.2- Que meios haverá para fazer face a tais pragas?

2.3- Serão os pesticidas um bom meio para rentabilizar a produção agrícola?

3- Desenho do percurso investigativo:

3.1- Revisão da bibliografia relativa aos pesticidas, suas vantagens e desvantagens/perigos.

3.2- Práticas a desenvolver:

- investigação e pesquisa teórica relativa ao tema em foco;
- trabalho de campo de observação dos fenómenos em causa;
- levantamento de hipóteses;
- conclusão da observação feita;
- interpretação e avaliação dos resultados;

- resposta a cada um dos problemas colocados;
- proposta de medidas a tomar para a resolução do problema/s.

Conclusão

“Tudo vale a pena quando a alma não é pequena.”

Nem sempre é fácil, sobretudo em turmas cujo comportamento dos alunos, ou de alguns, seja problemático, promover actividades deste teor.

O modelo que procurámos aplicar baseia-se na atitude de descoberta, onde os próprios alunos são levados a descobrir problemas, a tomarem atitudes reflexivas e críticas, a levantar hipóteses e a sugerir modos de resolução dos mesmos problemas.

É esperado que os alunos se mostrem sensíveis a tais problemáticas, uma vez que elas fazem parte do seu quotidiano.

Se pensarmos no ensino ministrado há apenas algumas décadas, constatamos que o saber livresco era a tônica de base, em nada importando fomentar a participação dos alunos. O essencial era transmitir conhecimentos que os discentes reproduziriam, quase de forma maquinal.

Tratava-se de uma actividade desligada do âmbito do movimento CTS, na medida em que não seriam tidos em contas os vectores essenciais na formação de cidadãos capazes de compreender e de aplicar os conhecimentos à prática.

Num mundo em contínuas mudanças, não podemos subjugar os interesses dos nossos alunos aos nossos modos de pensar, por vezes pautados pela lei do menor esforço.

RELATORIO FINAL DA INÊS (p. 15)

Reagir à mudança, e fazer de conta que tudo é como antes, só demonstra o carácter daqueles que não vêem o ensino como forma de responder aos interesses e necessidades dos discentes, com vista a levá-los a obter sucesso na sua aprendizagem.

O modelo CTS é, sem dúvida, de uma actualidade e importância indiscutíveis, devendo até ser devidamente explanado junto dos docentes cuja carreira já conta com inúmeras experiências de ensino-aprendizagem e que possam não encarar com tanta facilidade as suas vantagens para a verdadeira educação que se visa promover hoje.

Anexo ao Trabalho

①

1.1. A relevância do tema justifica-se pela crescente urgência e necessidade de investigação de temas relacionados com a Biotecnologia. Grande parte da relevância do tema já foi justificado no trabalho sobre OGM's, no seu enquadramento e justificações.

1.2. A pertinência da inclusão do tema no Currículo Nacional deve-se à crescente necessidade de haver a utilização de técnicas artificiais e laboratoriais para a reprodução de plantas.

1.3. O tema enquadra-se na Reprodução das plantas, no estudo das plantas no 5º ano. Também é possível enquadrar o tema nos conteúdos programáticos do 6º ano.

1.4. No trabalho.

②

2.1. Problema de Partida:

Será possível reproduzir ou propagar uma planta utilizando diferentes meios de cultura as diferentes partes da planta?

2.2. Hipótese de trabalho:

7

2.3. Pode provar-se a fiabilidade da actividade utilizando o protocolo com um número elevado de plântulas em meios de cultura separados. Este número elevado e seguindo os passos do protocolo, permite dar um grau elevado de fiabilidade da actividade.

2.4. Variável independente:

- tipo de hormonas utilizadas no meio de cultura.
- parte da planta utilizada

Variável dependente:

- número de plântulas que reproduziram.

~~Variável de controlo~~

2.5.

7

2.6. Por observação da micropropagação em cada faseo utilizado.